

明 細 書

コアレス・リニアモータ

技術分野

[0001] 本発明はコアレス・リニアモータに関する。

背景技術

[0002] コアレス・リニアモータは、コイルがコア(鉄心)に巻回されていない、すなわち、電機子にコアを持たないタイプのリニアモータである。そのようなコアレス・リニアモータは、コギングがなく推力変動が小さい、精密制御が容易である等の利点をもつ。

[0003] コアレス・リニアモータは、たとえば、工作機械、射出成形機、半導体製造装置等の各種分野に用いられている。

[0004] 特許文献1に開示されているコアレス・リニアモータにおいて、コイルが固定された保持板を直線状に配列された一対の永久磁石列の間に配置し、一方の永久磁石列から他方の永久磁石列に向かう磁束とコイルに流れる電流との相互作用によって、フレミングの左手の法則に基づく推力が発生する。このコアレス・リニアモータの可動子はコイルがコアを持たないため剛性が低い。低剛性を改善するため、ステンレススチールやFRP(Fiber Reinforced Plastics、デュポン社の登録商標)等の剛性の高い非磁性材料をプレート状の保持板の両面に扁平に形成し、これにコイルを樹脂で固定することにより可動子の剛性を確保している。しかしながら、上記構造のコアレス・リニアモータは、コイルの保持板は磁気回路の磁束の通路にあるため、保持板の厚さを厚くすることができない。すなわち、保持板の両面にコイルを固定するタイプのコアレス・リニアモータでは、保持板の厚さを厚くするほど永久磁石の発生する磁束の利用効率が低下するため、保持板の厚さを厚くすることができず、可動子の剛性向上は構造上限界がある。このように、保持板に十分な剛性が確保できないと、コアレス・リニアモータを駆動したときに振動が発生しやすく、制御ループゲインを高めることができないという不利益がある。

[0005] 上述したコアレス・リニアモータにおいて、電機子を構成するコイルは熱伝導性の低い樹脂で保持板に固定され、かつ、保持板もステンレススチール等の熱伝導率の低

い材料で形成されているため、コイルから発生する熱によりコアレス・リニアモータ内の温度が上昇しやすい。その結果、温度変化によるコアレス・リニアモータ構成要素の位置ずれが起き、結果として、コアレス・リニアモータの位置決め精度を確保するのが困難である。放熱性の観点からは、アルミニウム合金などの熱伝導率の高い金属を保持板に用いるのが好ましいが、熱伝導率の高い金属はステンレススチール等と比べて電気抵抗も低いため、リニアモータ駆動時に、ステンレススチールなどを用いた場合よりはるかに大きな誘導電流が発生する。この誘導電流と磁石の磁束との相互作用により推力とは逆方向の力が発生し、リニアモータ内の可動部に対する推力の変動が大きくなる。以上の観点から、アルミニウム合金などの熱伝導率の高い金属を保持板に用いるのは適切ではない。

特許文献1:特開2002-165434号公報

発明の開示

- [0006] 本発明の目的は、電機子の剛性を向上させるとともに、電機子コイルの発熱による温度上昇を抑制できるコアレス・リニアモータを提供することにある。
- [0007] 本発明の他の目的は、上記コアレス・リニアモータを軽量化することにある。
- [0008] 本発明のコアレス・リニアモータは、固定部と、該固定部に対して相対的に移動する移動部とを具備する。
- [0009] 本発明の第1観点のコアレス・リニアモータにおいては、固定部は、ヨークと、ヨークに固定された永久磁石群とを有し、移動部はコイル結合体を有する。コイル結合体を有する移動部が、永久磁石群の間を移動する。
- [0010] 本発明の第2点のコアレス・リニアモータにおいては、移動部は、ヨークと、該ヨークに配設された永久磁石群とを有する。固定部はコイル結合体を有する。前記永久磁石群と、ヨークを有する移動部が、コイル結合体の長手方向に沿って移動する。
- [0011] 前記ヨークは、第1間隔を隔てて対向し磁性体で形成された第1および第2の対向ヨーク部と、該第1および第2の対向ヨーク部の一端を連結する連結ヨーク部とを有する。
- [0012] 前記永久磁石群は、前記第1および第2の対向ヨーク部の対向面に対向して配設された第1および第2の永久磁石群を有し、当該第1および第2の永久磁石群はそれ

ぞれ前記ヨークの長手方向に沿って複数の磁石を有し、当該第1および第2の永久磁石群それぞれの複数の磁石は前記ヨークの長手方向に沿った対向する磁石の磁極が交互に異なり、かつ、前記ヨークの長手方向に沿った各永久磁石の磁極は同じである。

[0013] 前記コイル結合体は、前記第1、第2永久磁石群の間に、前記ヨークの長手方向に沿って、前記第1、第2永久磁石群と相対的に移動可能に配設された、少なくとも3個のコイルとを有する。少なくとも3個のコイルは、各コイルが中実状に整列多層巻きされ、かつ、接着剤で固められており、電気絶縁性の部材を介して隣接するコイルの端面が互いに結合されている。

[0014] 好ましくは、前記コイルの中実分に嵌入された非磁性体の補強部材をさらに有する。さらに好ましくは、補強部材の内部に冷却剤が通過する穴が形成されている。

[0015] また好ましくは、補強部材は、当該補強部材の表面に入射する磁束密度が前記対向する第1、第2永久磁石群の表面の中央における各磁石の磁束密度の $1/2$ 以下となる距離だけ前記第1、第2永久磁石群の表面から離隔して配設されている、

[0016] 上述した本発明の目的および特徴、ならびに、他の目的および特徴は、添付図面を参照して述べた下記の記述から一層明瞭になる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は本発明に基づく第1実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜視図である。

[図2]図2は図1に図解したコアレス・リニアモータにおける移動部の構造を示す斜視図である。

[図3]図3は図2に図解した移動部の側面図である。

[図4]図4は図1に図解したコアレス・リニアモータにおける移動部および固定部の直動方向に直交する平面に沿った断面図である。

[図5]図5は図1に図解したコアレス・リニアモータの動作を説明する図である。

[図6]図6は本発明に基づく第2実施形態のコアレス・リニアモータの移動部の構造を示す斜視図である。

[図7]図7は図6に示した移動部をもつコアレス・リニアモータの動作を説明する図で

ある。

[図8]図8は第2実施形態のコアレス・リニアモータの変形例を示す図である。

[図9]図9は本発明に基づく第3実施の形態のコアレス・リニアモータの構造例を示す断面図である。

[図10]図10は第3実施形態のコアレス・リニアモータにおける補強部材のさらに他の構造例を示す断面図である。

[図11]図11は本発明に基づく第4実施形態のコアレス・リニアモータの斜視図である。

[図12]図12は図11に示すコアレス・リニアモータの側面図である。

[図13]図13は図11に示すコアレス・リニアモータの移動部および固定部の直動方向に直交する平面に沿った断面図である。

[図14]図14は図11に示すコアレス・リニアモータの移動部および固定部の水平面方向の断面図である。

[図15]図15は図11に示すコアレス・リニアモータにおける冷却方法の一例を示す断面図である。

[図16]図16は本発明に基づく第5実施形態のコアレス・リニアモータの構成を示す図である。

[図17]図17は本発明に基づく第6実施形態のコアレス・リニアモータの構成を示す図である。

[図18]図18は図17に示すコアレス・リニアモータの移動部および固定部の構造を示す断面図である。

[図19]図19は本発明に基づく第7実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜視図である。

[図20]図20は図19に図解したコアレス・リニアモータにおける移動部の構造を示す斜視図である。

[図21]図21は図19に図解したコアレス・リニアモータにおける移動部の断面構造を示す斜視図である。

[図22]図22は本発明に基づく第8実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜

視図である。

[図23]図23は図19ー図22に図解したコアレス・リニアモータの動作を示す図である。

[図24]図24は本発明に基づく第9実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜視図である。

[図25]図25は図24に示したコアレス・リニアモータの動作を示す図である。

[図26]図26は第9実施形態の変形態様を示す図である。

[図27]図27は本発明に基づく第10実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜視図である。

[図28]図28は本発明に基づく第11実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜視図である。

[図29]図29は図28に図解したコアレス・リニアモータの側断面図である。

[図30]図30は図28に図解したコアレス・リニアモータの断面図である。

[図31]図31は図28に図解したコアレス・リニアモータの動作を説明する図である。

[図32]図32は図31に図解したコアレス・リニアモータの冷却方法の一例を説明する図である。

[図33]図33は本発明に基づく第12実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜視図である。

[図34]図34は本発明に基づく第12実施形態のコアレス・リニアモータの構成を示す図である。

[図35]図35は図34に示すコアレス・リニアモータの移動および固定部の構造を示す断面図である。

符号の説明

- [0018] 1、100・・・コアレス・リニアモータ
2、150・・・移動部
3、30、103・・・コイル結合体
3A、3B、3C・・・3相コイル
5、50、101・・・固定部

9、109・・・電気絶縁性材料

10、110・・・保持部材

11・・・締付部材

20、120・・・補強部材

25、125・・・スペーサ

51、151・・・ヨーク

51A, 51B・・・第1、第2対向ヨーク部

51C・・・連結ヨーク部

60・・・永久磁石群

60A～60D・・・永久磁石群

発明を実施するための最良の形態

[0019] 本発明のコアレス・リニアモータの好適な実施形態について添付図面を参照して述べる。

[0020] (第1実施形態)

図1～図5を参照して、本発明に基づく第1実施形態のコアレス・リニアモータ1について述べる。

[0021] 図1は本発明に基づく第1実施形態のコアレス・リニアモータの構造を示す斜視図である。

[0022] コアレス・リニアモータ1は、固定部50と、固定部50に対して移動する移動部2とを有する。固定部50はステータとして機能し、移動部2は電機子として機能する。

[0023] 固定部50は、ヨーク51と、第1永久磁石群60Aと第2永久磁石群60Bとを有する。第1、第2永久磁石群60A、60Bとを総称して永久磁石群60と呼ぶ。

[0024] ヨーク51は、互いに対向する内平面を持ち、第1間隔D1に対向する第1、第2対向ヨーク部51A, 51Bと、これらヨーク部51A, 51Bに垂直に配置され、直動方向(またはヨーク51の長手方向)A1、A2に沿ってヨーク部51A, 51Bの一端を連結している連結ヨーク部51Cとからなる。第1、第2対向ヨーク部51A, 51Bの他端は連結されていず、開放状態である。

[0025] 第1、第2対向ヨーク部51A, 51B、および／または、連結ヨーク部51Cの外側面が

図示しないベースなどに固定される。

[0026] 直動方向(またはヨーク51の長手方向)A1、A2は、移動部2が第1、第2永久磁石群60A、60Bの間を往復移動する方向である。

[0027] 第1、第2対向ヨーク部51A、51Bおよび連結ヨーク部51Cは、好ましくは、鉄などの強磁性体材料で一体に形成されている。第1、第2対向ヨーク部51A、51Bおよび連結ヨーク部51Cは、それぞれ別体として形成して一体に組み合わせてもよい。このように別体として形成するとき、第1、第2対向ヨーク部51A、51Bに強磁性体を用い、連結ヨーク部51Cに非磁性体を用いる構成としてもよい。コアレス・リニアモータ1の軽量化の観点から、連結ヨーク部51Cとしてアルミニウム合金等の比強度の高い軽量の金属や強化プラスチックなどの非磁性材料を用いてもよい。

[0028] 第1、第2永久磁石群60A、60Bは、第1、第2対向ヨーク部51A、51Bの対向面に、第2間隔D2で対向して配設(固定)されている。

[0029] 第1対向ヨーク部51Aに配設されている第1永久磁石群60Aは、直動方向A1、A2に沿って、同じ幅の複数の永久磁石を有する。これら複数の永久磁石は、対向する第2永久磁石群60Bに向かって、直動方向(ヨーク51の長手方向)A1、A2に沿って、磁極が交互に反転するように、すなわち、N極の磁石とS極の磁石が交互に、配設されている。第2対向ヨーク部51Bに配設されている第2永久磁石群60Bも、第1永久磁石群60Aと同様に、同じ幅の複数の永久磁石が、N極とS極とが交互になるように、直動方向A1、A2に沿って配設されている。直動方向A1、A2において、第1、第2永久磁石群60A、60Bにおける対向する各永久磁石の磁極は同じであり、各永久磁石の幅はL1である。

[0030] 図2、図3は移動部2の構造を示す斜視図である。

移動部2は、好ましくは、コイル結合体3と、補強部材20と、保持部材10と、スペーサ25とを有する。

[0031] 図4に図解したように、コイル結合体3と補強部材20とが、保持部材10に固定された図示しないガイド機構によって、第1、第2永久磁石群60A、60Bとの間の第2間隔D2の間を、直動方向A1、A2に沿って案内される。

[0032] 保持部材10は図4に図解した位置に位置するが、図1においては、図解において

図解の関係で保持部材10の図解を割愛している。

- [0033] 保持部材10は、コイル結合体3を保持する役割を果たし、プレート状の部材からなり、たとえば、ステンレススチール、アルミニウム合金等の非磁性金属で形成されている。
- [0034] コアレス・リニアモータ1の電機子として機能するコイル結合体3は、120度位相がずれた交流電流が印加される第1〜第3のコイル3A, 3B, 3Cからなる。コイル3A, 3B, 3Cは、図2、図4に図解したように、断面が矩形で、中空の筒状の形状をしている。
- [0035] 各コイル3A, 3B, 3Cの、第1、第2永久磁石群60A、60Bと対向する面の第1部分の長さaは第1部分と直交する第2部分の長さbより長い。第1部分の長さaを長くする理由は、コイル3A, 3B, 3Cと第1、第2永久磁石群60A、60Bの磁束の鎖交数を多くするためである。第1部分の長さaと第2部分の長さbをいかに設定するかは、補強部材20の剛性を所定の値にするため、補強部材20の縦と横をいかにするかをも考慮して決定する。たとえば、補強部材20をあまり偏平に薄くすると、補強部材20の剛性が維持できなくなるからである。
- [0036] 3相コイル3A, 3B, 3Cはコア(鉄心)には巻回されていない。よって、このリニアモータ1は、コアレス・リニアモータである。コイル3A, 3B, 3Cの巻回方向は、すべて同じである。
- [0037] 各コイル3A, 3B, 3Cは、たとえば、電気絶縁材料9で被覆された導電線にウエット状態の接着剤を塗布し、これを補強部材20を包囲するように中空の筒状に整列多層巻きし、接着剤を硬化させて固めたものである。断面が矩形で、中空の筒状のコイル3A, 3B, 3Cをそれぞれ別個に形成したのち、非磁性材料の電気絶縁性材料9によって隣接するコイル3A, 3B, 3Cの端面同士が互いに結合される。電気絶縁性材料9は、たとえば、ガラスエポキシ樹脂または硬質アルマイト処理されたアルミニウム合金である。
- [0038] コイル3A, 3B, 3Cを上記構成とすることにより、補強部材20を設けない場合でも、断面における2次モーメントを大きくとることができ、コイルの剛性、特に、曲げ剛性、せん断剛性が高まる。

- [0039] 補強部材20を設けると、コイル結合体3の剛性はさらに向上する。すなわち、補強部材20は、コイル結合体3に、必要な剛性を付与するために設けられている。補強部材20は、図2、図4に図解のように、断面が矩形の柱状の部材からなり、その外形(輪郭)寸法がコイル3A, 3B, 3Cの中空部の内壁の寸法に一致し、中空で筒状のコイル3A, 3B, 3Cの中空部(内壁)に嵌入されて、コイル3A, 3B, 3Cを支持する。
- [0040] 補強部材20は、第1、第2永久磁石群60A、60Bとコイル結合体3との間に存在する磁界には位置しないため、第1、第2永久磁石群60A、60Bとコイル結合体3との磁界を低減させたり、磁界分布を歪めない。
- [0041] 補強部材20がコイル結合体3(コイル3A, 3B, 3C)の中空部に嵌入された後、隣接するコイル3A, 3B, 3Cの結合に用いた電気絶縁性材料9と同様の電気絶縁性材料で補強部材20とコイル結合体3とが固定される。このように、コイル結合体3をあらかじめ所定精度で形成することができるので、補強部材20とコイル結合体3との組み立ては非常に容易である。
- [0042] 補強部材20は、非磁性でかつ導電性を有する材料で形成されている。補強部材20に用いる非磁性でかつ導電性を有する材料としては、たとえば、ステンレススチール、カーボングラファイト、アルミニウム合金、銅合金などを用いることができる。
- [0043] 補強部材20はコイル結合体3の剛性を高める機能の他、コイル3A, 3B, 3Cにおいて発生する熱を効率良くコイル結合体3の外部へ放出する機能を果たすことができる。その観点から、補強部材20としてできるだけ熱伝導性が高い材料を用いるのが好ましく、補強部材20の材料としてアルミニウム合金や銅合金等の金属が最適である。
- [0044] このように、補強部材20は、コイル結合体3の剛性を向上させる機能の他、コイル結合体3における熱を放出する放熱機能をも有する。
- [0045] 移動部2を軽量にすることが望ましく、その点からも補強部材20を軽量にすることが望まれており、補強部材20として、非磁性体、熱伝導率が高く、軽量な材料、たとえば、アルミニウム合金が好適である。
- [0046] 図3に示すように、補強部材20は、直動方向A1、A2におけるコイル結合体3の長手方向の全長よりも長く、補強部材20の端部20eはコイル結合体3の両端部から突

き出ている。補強部材20の両端部20eは、スペーサ25を介して保持部材10に保持手段、たとえば、ボルト30によって固定されている。補強部材20をスペーサ25を介して保持部材10に固定すると、保持部材10はコイル結合体3の対向する外周面を全面的に保持した状態となる。

- [0047] コアレス・リニアモータ1をこのような構造にすることにより、コイル3A, 3B, 3Cで発生した熱は、補強部材20に伝わり、コイル3A, 3B, 3Cの両側のスペーサ25を介して保持部材10に伝導可能となっている。
- [0048] このように、スペーサ25は、コイル結合体3を保持している補強部材20を保持部材10に固定する機能の他、コイル3A, 3B, 3Cの熱を保持部材10に伝達する機能を持つ。スペーサ25は、補強部材20を保持部材10に固定するため機械的強度を有する他、補強部材20と同様に非磁性であり、かつ、熱伝導性の高い材料が望ましい。さらに、軽量で機械的強度の高い材料が好ましい。スペーサ25の材料としては、たとえば、アルミニウム合金等の材料を用いることが望ましい。
- [0049] 補強部材20、スペーサ25により、コイル3A, 3B, 3Cで発生した熱は保持部材10へ伝導可能となっており、さらに、保持部材10からリニアモータ1の外部へ効率良くコイル3A, 3B, 3Cで発生した熱を放出することが可能となる。
- [0050] 図4に図解したように、第1、第2対向ヨーク部51A, 51Bの間の第1間隔D1および第1、第2永久磁石群60A, 60Bの第2間隔D2は、下記の条件を満足させる大きさにする。(1)第1、第2対向ヨーク部51A, 51Bの対向面に配設された第2間隔D2で対向する第1、第2永久磁石群60A, 60Bの間を、コイル結合体3および補強部材20が移動可能である。(2)剛性を確保できる厚さの補強部材20の寸法を確保する。(3)第1、第2対向ヨーク部51A, 51Bそれぞれと対向する位置にある第1、第2永久磁石群60A, 60Bからの磁束の影響を受けない程度の大きさとする。
- [0051] 対向する第1、第2永久磁石群60A, 60Bの対向面60fは、コイル結合体3の外周面3fに対して所定の距離をもって対向しており、対向面60fとコイル3A, 3B, 3Cの外周面3fは略平行である。第1、第2永久磁石群60A, 60Bの対向面60fとコイル結合体3の内面との距離をLdとする。
- [0052] 図4においてスペーサ25は図解されていない。

- [0053] 図5に図解したように、各コイル3A, 3B, 3Cの長さ(幅) L_2 は等しい。第1、第2永久磁石群60A、60Bの、直動方向A1、A2において隣接する1対の(2個の)永久磁石N、Sの長さ $L_m = (2 \times L_1)$ と、3個のコイル3A, 3B, 3Cの寸法 $L_c = (3 \times L_2)$ とが略一致する。各コイル3A, 3B, 3Cの幅 L_2 は、各永久磁石の幅 L_1 より短い。
- [0054] 図5を参照してコアレス・リニアモータ1の動作について説明する。
- 対向する第1、第2永久磁石群60A、60Bによる磁束BFは、対向する永久磁石の磁極の極性が同じであることから、第1、第2永久磁石群60A、60Bの一方から他方へはほとんど向かわず、主に隣接する永久磁石N、Sへ向かう。この磁束が移動部2を直動方向A1、A2に沿って移動させる力となる。
- [0055] 第1、第2永久磁石群60A、60Bの磁束BFは、これらの表面60f付近に主に分布し、コイル3A, 3B, 3Cの内部の補強部材20へは到達しにくい。
- [0056] 3相コイル3A, 3B, 3Cへそれぞれ位相が120度づつずれたU相、V相、W相の3相交流電流を印加すると、第1対向ヨーク部51A側のコイル3A, 3B, 3Cに流れる電流の向きと第2対向ヨーク部51B側のコイル3A, 3B, 3Cに流れる電流の向きは逆向きであり、かつ、第1対向ヨーク部51A側のコイル3A, 3B, 3Cを貫く磁束BFの向きと第2対向ヨーク部51B側のコイル3A, 3B, 3Cを貫く磁束BFの向きとは逆になる。その結果、第1対向ヨーク部51A側と第2対向ヨーク部51B側とには、可動部2(コイル3A, 3B, 3C)に対して同じ向きの推力が発生する。
- [0057] 3相コイル3A, 3B, 3Cに120度づつずれたU相、V相、W相の3相交流電流を印加すると、電磁誘導により120度づつ位相がずれた磁界が発生し、補強部材20内を誘導電流が流れる。たとえば、アルミニウム合金等の電気抵抗の低い金属で補強部材20を製造すると補強部材20に大きな誘導電流が流れる。このとき、コイル3A, 3B, 3C内に達する第1、第2永久磁石群60A、60Bの磁界の磁束密度が高いと、移動部2を移動させる推力とは逆方向の力が発生する。このような推力とは逆方向の力の発生を防ぐためには、第1、第2永久磁石群60A、60Bの表面60fと、これに対向する補強部材20の表面20fとの距離(第3間隔) L_d をある程度の大きさだけ確保する必要がある。
- [0058] 補強部材20にアルミニウム合金を用いた場合、補強部材20の表面20fに印加され

る磁束BFの密度が第1、第2永久磁石群60A、60Bの表面60fの中央における磁束密度の1/2以下となるように距離Ldを設定すれば、上述した不利益による影響が殆どない状態となることが分かった。

- [0059] 第1実施形態のコアレス・リニアモータ1によれば、電機子として機能する移動部2がコアレスであっても、コイル3A、3B、3Cを上述した方法で構成することにより、コイル3A、3B、3Cを有する移動部2の剛性を高めることが可能となる。さらに好適には、非磁性体の補強部材20を設けることにより、コイル3A、3B、3C、ひいては、移動部2の剛性を飛躍的に高めることが可能となる。その結果、コイル3A、3B、3Cに120度位相がずれた交流電流を印加して移動部2を直動方向A1、A2に移動させるという、コアレス・リニアモータ1を駆動制御する際に、コアレス・リニアモータ1の制御ループゲインを高めることが可能となる。このコアレス・リニアモータ1を用いると、外乱に強いナノメータ(nm)レベルの位置決め制御に対応可能となる。
- [0060] 3相コイル3A、3B、3C(コイル結合体3)を中空の筒状とし、コイル結合体3を対向する第1、第2永久磁石群60A、60Bの間に配置することで、たとえば、補強部材20にアルミニウムまたはアルミニウム合金等の電気抵抗の低い材料を用いた場合に大きな誘導電流が流れたとしても、コイル3A、3B、3Cの内部における第1、第2永久磁石群60A、60Bからの磁束BFの影響が非常に小さいので移動部2の推力とは逆方向の力の発生を最小限に抑えることができる。その結果、コアレス・リニアモータ1の推力変動を大幅に抑制することができる。
- [0061] アルミニウム合金や銅合金等の熱伝導率の高い金属材料を補強部材20を構成すると、コイル3A、3B、3C内で発生する熱が、補強部材20およびスペーサ25を通じて保持部材10に伝達されてコイル3A、3B、3Cの熱が移動部2の外部に効率よく放出される。その結果、コアレス・リニアモータ1全体の温度上昇を抑制でき、温度上昇に起因するコアレス・リニアモータ1の各構成要素の熱変形による位置決め精度の低下を防ぐことが可能となる。
- [0062] 補強部材20に、たとえば、アルミニウム合金や銅合金などの電気抵抗の低い材料を使用すると、補強部材20に電気抵抗の高い材料を用いる場合に比べて、コイル3A、3B、3Cと補強部材20との相互インダクタンスを小さくすることができ、相互インダ

クタンスに存在に起因する応答性の低下を防止できる。換言すれば、コアレス・リニアモータ1の電氣的応答性を向上させることができる。

[0063] 補強部材20にアルミニウム合金などの軽量の材料を用いれば、移動部2を軽量化することができる。連結部51Cにも軽量の材料を用いれば、コアレス・リニアモータ1全体をさらに軽量化できる。

[0064] (第2実施形態)

図6、図7を参照して本発明に基づく第2実施形態のコアレス・リニアモータについて述べる。

[0065] 図6は本発明の第2実施形態のコアレス・リニアモータの移動部の構造を示す斜視図である。第2実施形態のコアレス・リニアモータ1Aの基本的な構成は第1実施形態のリコアレス・リニアモータ1と同様である。図6において図1〜図5を参照して述べた第1実施形態と同一構成部分は同一の符号を使用している。

[0066] 図6に示すコアレス・リニアモータ1Aの移動部2Aは、第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1と、第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2からなる2群のコイル群からなるコイル結合体30を備えている。

[0067] 第1群の第1コイル3A1と第2群の第1コイル3A2とは隣接して配置されており、第1群の第2コイル3B1と第2群の第2コイル3B2とは隣接して配置されており、第1群の第3コイル3C1と第2群の第3コイル3C2とは隣接して配置されている。第2群の第1コイル3A2と第1群の第2コイル3B1とが隣接して配置されており、第2群の第2コイル3B2と第1群の第3コイル3CB1とが隣接して配置されている。

[0068] 第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1と第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2はそれぞれ、図1〜図5を参照して述べた第1実施形態のリニアモータ1における3相コイル3A, 3B, 3Cと同様の構成である。第2実施形態のコアレス・リニアモータにおけるコイル結合体30も第1実施形態のコアレス・リニアモータにおけるコイル結合体3の形成方法と同様の方法で形成される。

[0069] 図7を参照して第2実施形態のコアレス・リニアモータ1Aの動作について述べる。

第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1および第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2は、2対の永久磁石、たとえば、第1N極永久磁石N1、第1S極永久磁石S1、第2N極

永久磁石N2、第2S極永久磁石S2に対向する。

- [0070] 直動方向A1、A2において、たとえば、第1N極永久磁石N1、第1S極永久磁石S1、第2N極永久磁石N2、第2S極永久磁石S2の4個の永久磁石の、ヨーク51の長手方向(直動方向A1、A2)の寸法と、第1および第2群の6個のコイルの寸法とは略同じである。
- [0071] 第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2は、第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1に対してそれぞれ逆位相、すなわち、位相がそれぞれ180度異なる磁界を発生するように、コイルの巻回の向きと、図示しない電源からの3相交流電流の印加を行う。
- [0072] 第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2と第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1とが発生する磁界を逆位相関係にするには、第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2と第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1の巻回向きを逆にして、第1群と第2群の各コイルに同相の3相交流電流を印加してもよいし、コイルの結線方法を変えることで対応してもよい。
- [0073] 1例として、たとえば、第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1と第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2の巻回の向きが同じ場合には、U相、V相、W相の3相交流電流を第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1へ印加し、第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2へは、上記3相交流電流と位相がそれぞれ180度異なる反転U相(−U相)、反転V相(−V相)、反転W相(−W相)の3相交流電流を印加する。これにより、隣接するコイル3A1, 3A2、隣接するコイル3B1, 3B2および隣接するコイル3C1, 3C2には、それぞれ逆向きの磁界が発生する。
- [0074] これらの磁界は、逆位相の関係にあるため、磁界の磁束は互いに打ち消しあう。その結果、コイル内に嵌入されている補強部材20に発生する誘導電流を抑制することができる。このように、補強部材20に流れる誘導電流を抑えることができるため、補強部材20と第1、第2永久磁石群60A、60Bとの距離を短縮することができる。
- [0075] さらに、補強部材20における渦電流損を低下させることができ、渦電流損によるコアレス・リニアモータ1Aの効率の低下を防ぐことができる。
- [0076] 第2実施形態のコアレス・リニアモータにおいては、逆相関係にある隣接する、コイル3A1:3A2、隣接するコイル3B1:3B2およびコイル3C1:3C2内から漏れる磁束

が抑制されるため、第1、第2永久磁石群60A、60Bの形成する磁場への乱れを少なくできました、第1、2群のコイルの発生する磁束によるヨーク51、特に、第1、第2対向ヨーク部51A、51Bの磁気飽和を防ぐことができる。

[0077] (第2実施形態の変形態様)

図8を参照して第2実施形態のコアレス・リニアモータの変形例を述べる。

[0078] 図8に図解したリニアモータ1Bは、隣接する、コイル3A1,3A2、コイル3B1, 3B2およびコイル3C1, 3C2の組の寸法を、第1、第2永久磁石群60A、60Bにおける、隣接する2個の永久磁石S、Nの寸法と略同じとし、各コイルの組を、永久磁石の左右に $\pi/3$ ラジアン(60度)または1つの永久磁石から $2\pi/3$ ラジアン(120度)の位相だけ異ならせた配置をしている。

[0079] 各コイルに、第2実施形態のリニアモータ1Aと同様に磁界を発生させることにより、図8に図解したコアレス・リニアモータ1Bについても、第2実施形態のリニアモータ1Aと同様の作用、効果が得られる。

[0080] 図8に図解したコイルの構成は、2個ずつ1組になっており、各組が離れているから、コイルに発生する熱が放出されやすい。

[0081] (第3実施形態)

図9は本発明に基づく第3実施形態のコアレス・リニアモータを示す断面図である。

[0082] 第3実施形態のコアレス・リニアモータ1Cにおいて、第1、第2永久磁石群60A、60B、コイル結合体3、30、ヨーク51などは、上述した第1、第2実施形態と同じである。以下、第3実施形態固有の内容について述べる。

[0083] 第1、第2実施形態のコアレス・リニアモータでは、補強部材20は断面が中実の矩形であった。放熱性をさらに高めるために、図9に示すコアレス・リニアモータ1Cの補強部材20Cには直動方向A1、A2に沿って貫通する貫通穴20Caが形成されている。貫通穴20Caにより、補強部材20Cの内面が冷却媒体、たとえば、空気に触れる面積が増加し、コイルで発生した熱を放出しやすくなる。

[0084] 補強部材20Cは移動部2の一部として、直動方向A1、A2に沿って移動するから、そのときに空気が貫通穴20Caを通過することにより、コイル結合体3、30の熱を放出できる。

- [0085] 貫通穴20Caに空気などの冷却媒体を強制的に導入させればさらに冷却効率が高まる。
- [0086] 補強部材20Cによるコイル結合体3、30の剛性を高める機能は第1、第2実施形態と同様である。
- [0087] 補強部材20Cに貫通穴20Caを形成することにより、補強部材20Cが、中実の補強部材20より軽量になり、移動部2が軽量になる。
- [0088] (第3実施形態の変形態様)
図10は第3実施形態のコアレス・リニアモータにおける補強部材のさらに他の構造例を示す断面図である。
- [0089] 図10に示すコアレス・リニアモータ1Dにおける補強部材20Dには、直動方向A1、A2に沿って貫通する貫通穴20Daが形成されているとともに、貫通穴20Daの内壁に放熱用フィン20Dfが形成されている。フィン20Dfを形成することで、補強部材20D内の冷却媒体との接触表面積が大きくなり、図9に図解した補強部材20Cを用いた場合に比較して、さらに効率よく放熱することができる。
- [0090] (第4実施形態)
図11〜図15を参照して本発明に基づく第4実施形態のコアレス・リニアモータを述べる。
- [0091] 図11においてコアレス・リニアモータ100は、移動部150と固定部101とを有する。第4実施形態のリニアモータ100は、第1〜第3実施形態と異なり、固定部101が電機子として機能し、移動部150がステータとして機能する。すなわち、ヨーク151、第1、第2永久磁石群106A、106Bを有する移動部150は、固定部101に対して直動方向A1、A2に相対的に移動する。
- [0092] 固定部101は、コイル結合体103と、コイル結合体103の剛性を高めてコイル結合体103を補強する補強部材120と、コイル結合体103および補強部材120を保持する保持部材110とを有する。
- [0093] 保持部材110は、第1〜第3実施形態の保持部材10と同様、プレート状の部材からなり、たとえば、ステンレススチール、アルミニウム合金等の非磁性の金属で形成されている。保持部材110は、スペーサ125を介して補強部材120を保持し、さらに、

コイル結合体103を保持する役割を果たす。保持部材110は、図示しないベース等に固定される。

- [0094] コイル結合体103は、3個の3相コイル103A, 103B, 103Cを1組にした複数のコイル組が連続して集合されている。各組の3相コイル103A, 103B, 103Cの隣接する部分は、第1〜第3実施形態と同様、電気絶縁性材料9と同様の電気絶縁部材109を用いて結合された1組のコイル組を構成している。各組の3相コイル103A, 103B, 103Cの形成方法は、第1〜第3実施形態のコイル結合体3の形成方法と同様である。ヨーク151の長手方向において、そのような各組の3相コイル103A, 103B, 103Cの隣接部分を電気絶縁性材料109を用いて結合してコイル結合体103を構成している。
- [0095] 3相コイル103A, 103B, 103Cを1組とするコイル組からなるコイル結合体103の全長は、第1実施形態の3個のコイルからなるコイル結合体3より長い。
- [0096] 図11および図12に図解したように、スペーサ125を介して保持部材110に固定されている補強部材120は、コイル結合体103の内壁に接し、かつ、コイル結合体103内を貫通して、コイル結合体103を支持している。
- [0097] 補強部材120は、第1〜第3実施形態の補強部材20、20C、20Dと同様、コイル結合体103の強度を高める機能を果たす他、コイル結合体103からの熱を外部へ放出する役割を担っている。補強部材120の中心部は、冷却媒体が流れる貫通穴（流路）120pがヨーク151の長手方向に沿って形成されている。
- [0098] 補強部材120は、図1〜図5を参照して述べた補強部材20と同様の非磁性体で軽量の材料、たとえば、アルミニウムまたはアルミニウム合金で形成される。
- [0099] 図12に示すように、補強部材120の端部120eは、コイル結合体103の両端部から突出しており、スペーサ125を介して図示しない締結部材によって保持部材110に締結されている。
- [0100] スペーサ125は、第1〜第3実施形態のスペーサ25と同様、補強部材120を保持部材110に固定する役割の他、補強部材120の熱を保持部材110に伝達する役割も持つので、アルミニウムまたはアルミニウム合金等の熱伝導性が高い非磁性材料で形成されている。

- [0101] 保持部材110は、コイル結合体103の対向する外周面を全面的に保持しており、その結果、比較的長い全長をもつコイル結合体103の剛性が飛躍的に高まる。
- [0102] 移動部150は、ヨーク151と、第1〜第3実施形態の第1、第2永久磁石群60A、60Bと同様の構成を持つ第1永久磁石群106Aおよび第2永久磁石群106Bとを持ち、図示しないガイド機構によって直動方向A1、A2に移動自在に支持されている。
- [0103] 図13に示すヨーク151は、図4を参照して述べたヨーク51と同様である。すなわち、第1、第2対向ヨーク部151A、151Bは、互いに対向する平面をもち、第1間隔D1で対向する第1、第2対向ヨーク部151A、151Bと、これら対向ヨーク部に垂直に配置され直動方向A1、A2に沿って第1、第2対向ヨーク部151A、151Bの一端部を連結する連結ヨーク部151Cとが一体に形成されている。対向ヨーク部151A、151B、連結ヨーク部151Cを別体として形成して組み合わせてもよい。ヨーク151は、図4を参照して述べたヨーク51と同様、ヨーク151全体を鉄などの磁性材料で形成することができるが、移動部150としての軽量化の観点から、対向ヨーク部151A、151Bに磁性材料を用い、連結ヨーク部151Cにアルミニウムまたはアルミニウム合金等の非磁性材料を用いても良い。
- [0104] 図14に図解したように、それぞれN極とS極の1対の永久磁石からなる、第1、第2永久磁石群106A、106Bは、長手方向の外形が長方形の平板状に形成されており、かつ、同じ寸法を有し、対向ヨーク部151A、151Bの各対向面に固定されており、対向する永久磁石の磁極は同じである。
- [0105] コイル結合体103を構成する各組のコイル103A、103B、103Cは、断面の輪郭形状が正方形または矩形となっているため、図13に示すように、互いに対向する第1、第2永久磁石群106A、106Bの対向面106fは、コイル結合体103の外周面103fに対して所定の距離(空隙)をもって対向しており、対向面106fと外周面103fは略平行に配置されている。
- [0106] 図14を参照して第4実施形態のコアレス・リニアモータ100の動作を述べる。
直動方向A1、A2において、隣接する一対の永久磁石、N、Sの寸法と、1組の3個のコイル103A、103B、103Cの寸法とが略一致する。
- [0107] 第1〜第3実施形態において述べたと同様に、1組の3個のコイル103A、103B、1

03Cを間にして、対向する永久磁石の磁束BFは、対向する永久磁石の磁極が同じであることから、対向する永久磁石の一方から他方へはほとんど向かわず、主に、ヨーク151の長手方向に隣接する永久磁石Nから永久磁石Sへ向かう。したがって、永久磁石N, Sの磁束BFは、隣接する1対の永久磁石N, Sの表面付近に主に分布し、永久磁石N, Sと対向する3相コイル103A, 103B, 103Cの内部の補強部材120へは到達しにくい。

- [0108] 3相コイル3A, 3B, 3Cに120度位相がずれた交流電流を印加すると、電磁誘導により磁界が発生し、補強部材120に誘導電流が流れる。アルミニウムまたはアルミニウム合金等の電気抵抗の低い非磁性体の金属を補強部材120に用いると大きな誘導電流が流れる。このとき、3相コイル103A, 103B, 103C内に達する永久磁石N, Sの磁界の磁束密度が大きいと、移動部150に対する推力とは逆方向の力が発生する。推力とは逆方向の力の発生を防ぐためには、永久磁石N, Sと補強部材120との距離 L_d を第1実施形態と同様に確保する。すなわち、第1、第2永久磁石群106A、106Bの表面106fと、これに対向する補強部材120の表面120fとの距離(第3間隔)をある程度の長さだけ確保する必要がある。
- [0109] 第4実施形態においても、第1実施形態と同様、補強部材120にアルミニウム合金を用いた場合、補強部材120の表面102fに印加される磁束BFの密度が第1、第2永久磁石群106A、106Bの表面106fの中央における磁束密度の $1/2$ 以下となるように距離 L_d を設定すれば、ほとんど影響のない状態となることが分かった。
- [0110] これにより、第4実施形態のコアレス・リニアモータ100においても第1〜第3実施形態のコアレス・リニアモータと同様の効果が得られる。
- [0111] 第4実施形態のコアレス・リニアモータの固定部と移動部は、第1〜第3実施形態のコアレス・リニアモータにおける固定部と移動部とは逆であるが、固定部と移動部を逆にしても、第1〜第3実施形態と同様の効果を奏する。すなわち、本発明において、移動部と固定部とは相対的に運動可能に構成されていればよい。
- [0112] 第4実施形態のコアレス・リニアモータにおいては、コイル結合体103が固定しているので、コイル結合体103への配線が容易になる。
- [0113] 第4実施形態のコアレス・リニアモータにおいては、補強部材120が固定部にある

ので、冷却が容易である。

- [0114] 図15を参照して第4実施形態のリニアモータ100の冷却方法の一例を説明する。
補強部材120に形成された貫通穴(流路)120pの一端に冷却媒体を供給する供給源300を接続し、貫通穴120p内に冷却媒体CLを供給する。本実施形態においては、補強部材120は固定部101に位置しているので、冷却媒体CLとしては、たとえば、空気等と比べて熱容量の高い水等の液体を用いることができる。貫通穴120pの一端から供給された冷却媒体CLは、貫通穴120p内を通過し補強部材120の熱を効率よく吸収して加熱されて、貫通穴120pの他端から排出される。その結果、第4実施形態のコアレス・リニアモータ100の温度管理を容易かつ十分に行うことができ、コアレス・リニアモータ全体が温度上昇の影響を受けない。そのようなコアレス・リニアモータを用いるとナノ位置決め制御等の精密制御において特にメリットがある。
- [0115] (第5実施形態)
図16は本発明に基づく第5実施形態のコアレス・リニアモータの構成を示す図である。
- [0116] 第5実施形態に係るコアレス・リニアモータ100Aの基本的な構成は第4実施形態のコアレス・リニアモータ100と同様である。図16において、図11～図15を参照して図解した第4実施形態のコアレス・リニアモータと同一構成部分は同一の符号を使用している。
- [0117] 図16に示すコアレス・リニアモータ100Aは、第4実施形態のコアレス・リニアモータ100と同様に、補強部材120およびコイル結合体103を有する固定部が電機子として機能し、図示しない連結ヨーク部と、第1、第2対向ヨーク部151A, 151Bとを有するヨーク151と、第1、第2永久磁石群106AA、106BBを有する移動部とを有する。
- [0118] 第1、第2対向ヨーク部151A, 151Bには、それぞれ、2対、4個の永久磁石N, Sからなる第1永久磁石群106AA、第2永久磁石群106BBが配設され、永久磁石N, Sの極性が直動方向A1、A2に沿って交互に反転するように配列され、かつ、対向する第1、第2永久磁石群106AA、106BBにおける永久磁石N, Sの極性が同じになるように配設されている。
- [0119] コアレス・リニアモータ100Aにおけるコイル結合体103は、1組が3相コイル103A

1, 103B1, 103C1から構成されたものが複数組有する第1コイル結合体103Aと、1組が3相コイル103A2, 103B2, 103C2から構成されたものが複数組有する。コイル103A1と103A2, コイル103B1と103B2, コイル103C1と103C2とは隣接して配置されている。コイル103A1と103B1との間には、コイル103A2が配設され、コイル103B1と103C1との間にはコイル103B2が配設され、コイル103C1と103A1との間にはコイル103C2が配設されている。

各コイル103A2, 103B2, 103C2は、各コイル103A1, 103B1, 103C1に対して位相が180度異なる磁界を発生する。

[0120] 3相コイル103A1, 103B1, 103C1および3相コイル103A2, 103B2, 103C2は、2対、4個の隣り合う永久磁石N, Sに対向する。直動方向A1, A2において、4個の永久磁石N, Sの長さ、6個のコイルの長さが略同じである。

[0121] 120度位相差があるU相、V相、W相の3相交流を3相コイル103A1, 103B1, 103C1へ印加し、3相コイル103A2, 103B2, 103C2へは、U相、V相、W相と180度位相が異なる-U相、-V相、-W相の3相交流を印加すると、コイル103A1と103A2、コイル103B1と103B2およびコイル103C1と103C2にはそれぞれ逆向きの磁界が発生する。その結果、固定部と移動部は逆であるが、図7に図解した第2実施形態のコアレス・リニアモータと同様の作用、効果が得られる。

[0122] (第6実施形態)

図17、図18を参照して本発明の第6実施形態のコアレス・リニアモータについて述べる。

[0123] 図17は本発明に基づく第6実施形態のコアレス・リニアモータ100Bの構成を示す図である。図18は図17に示すコアレス・リニアモータ100Bの移動部および固定部の構造を示す断面図である。

[0124] コアレス・リニアモータ100Bは、4個のヨーク辺151A〜151Dからなるヨーク151-Aの外形を正方形または矩形の筒状に形成している。4個のヨーク辺の内壁にはそれぞれ、第1永久磁石群106A、第2永久磁石群106B、第3永久磁石群106C、第4永久磁石群106Dが配設されている。第1永久磁石群106Aと第2永久磁石群106Bが対向し、第3永久磁石群106Cと第4永久磁石群106Dとが対向している。これらの

永久磁石群がコイル結合体103の4つの外周面にそれぞれ対向している。

- [0125] コアレス・リニアモータ100Bにおいては、コイル結合体103の4面と、4個の永久磁石群106A、106B、106C、106D4とを対向させる構成することにより、コイル結合体103が利用する永久磁石群106A、106B、106C、106D4の磁界の利用効率が高まり、ヨーク151-1Aおよび永久磁石群106A、106B、106C、106D4からなる移動部の推力等を高めることができる。
- [0126] 補強部材120および貫通穴120aは、図13を参照して述べた補強部材120および貫通穴120aと同様の冷却効果を奏する。
- [0127] 上述した第1〜第6実施形態では、コイルの断面形状を正方形または長方(矩形)形状とし、永久磁石群の断面形状を平板状に形成したが、本発明のコアレス・リニアモータの形状はこれに限定されない。たとえば、コイルの断面形状は、正方形、円形、長円形状などの他の形状でもよい。永久磁石はこれらの形状に応じて湾曲した形状とすることができる。また、ヨークの形状もこれに合わせて変更可能である。
- [0128] また、上述した第1〜第6実施形態では、コイルを筒状に形成した後に、コイル内に補強部材を挿入する構成としたが、電気絶縁された導電線を補強部材の周囲に直接巻いてもよい。
- [0129] (第7実施形態)
- 図19〜図22を参照して本発明に基づく第7実施形態のコアレス・リニアモータについて述べる。
- [0130] 上述した実施形態のコアレス・リニアモータでは、コイルの剛性を高めるため、補強部材20を用いたが、補強部材20を用いることにより移動部の質量が大きくなり、コアレス・リニアモータの制御応答性が低下する可能性がある。さらにコイルの保持板としてステンレススチール等の非磁性の金属を用いると、保持板は磁気回路の磁束の通路にあるため、保持板を可動部が直線運動したときに保持板に誘導電流が流れることで推力とは逆方向の力が発生し、推力変動の原因となることがある。下記に述べる実施の形態は、上述した課題を克服する。すなわち、下記の実施の形態に基づくコアレス・リニアモータにおいては、電機子を軽量化し、推力変動を減少させる。
- [0131] 図19は本発明に基づく第7実施形態に係るコアレス・リニアモータの構造を示す斜

視図である。

- [0132] 第7実施形態のコアレス・リニアモータ1Fは、電機子として機能する移動部2Fと、固定部50Fとを有する。
- [0133] 固定部50Fは、ヨーク51と、第1、第2永久磁石群60A、60Bとを有する。
ヨーク51および第1、第2永久磁石群60A、60Bの構造および配置は、第1〜第3実施形態と同様である。直動方向A1、A2は移動部2Fの運動する方向である。
- [0134] 図21に図解したヨーク51は、図4を参照して述べたヨーク51と同様、第1、第2対向ヨーク部51A、51Bおよび連結ヨーク部51Cとが一体に形成されており、これらの外側面がベースなどに固定される。第1、第2対向ヨーク部51A、51Bと連結ヨーク部51Cとは別体としてもよい。その場合、第1実施形態のヨーク51と同様、第1、第2対向ヨーク部51A、51Bに強磁性体を用い、連結ヨーク部51Cに非磁性体を用いる構成としてもよい。ヨーク51は、軽量化の観点から、アルミニウムまたはアルミニウム合金等の比強度の高い軽量の金属、または、強化プラスチックなどの非磁性材料を用いてもよい。
- [0135] 第1、第2永久磁石群60A、60Bは、第1〜第3実施形態などにおいて述べたものと同様、それぞれ、複数対の永久磁石N、Sを有し、磁極の配設条件、外形形状および寸法の条件も第1〜第3実施形態などと同様である。
- [0136] 図19に図解のごとく、移動部2Fは、コイル3A、3B、3Cを有するコイル結合体3と、コイル結合体3を保持する保持部材10と、締付部材11とを有する。この移動部2Fには、第1実施形態のコアレス・リニアモータなどにおけるような、補強部材20がコイル3A、3B、3Cの中空部3Hに嵌入されていない。
- [0137] 保持部材10は、第1実施形態のコアレス・リニアモータにおける保持部材10と同様であり、たとえば、ステンレススチール、アルミニウム合金等の金属で形成されている。保持部材10は、コイル結合体3を保持する役割を果たし、第1実施形態と同様、図示しないガイド機構によって直動方向A1、A2に移動自在に支持されている。
- [0138] コイル結合体3を構成する3相コイル3A、3B、3Cは、第1実施形態と同様、たとえば、電気絶縁材料9で被覆された導電線にウエット状態の接着剤を塗布し、これを筒状に整列多層巻きし、接着剤を硬化させて固めたものである。コイル3A、3B、3Cは

、断面の輪郭形状が矩形である。その製造方法も第1実施形態と同様である。たとえば、筒状の3相コイル3A, 3B, 3Cをそれぞれ形成したのち、非磁性材料からなる電気絶縁性部材9によって端面同士が互いに結合され、コイル結合体3が形成される。電気絶縁性部材9は、たとえば、ガラスエポキシ樹脂や硬質アルマイト処理されたアルミニウム合金である。

- [0139] コイル3A, 3B, 3Cの断面形状は、図4を参照して述べたように、第1、第2永久磁石群60A、60Bに対向する各辺の長さaがそれ以外の辺の長さbよりも長い。
- [0140] コイル結合体3は、長手方向に沿って貫通する輪郭が長方形の中空部3Hをもつ。3相コイル3相コイル3A, 3B, 3Cの巻回方向は、すべて同じである。
- [0141] 3相コイル3A, 3B, 3Cを上記構成とすることにより、第1実施形態と同様、断面2次モーメントを大きくとることができ、コイル3A, 3B, 3Cコイルの剛性、特に、曲げ、せん断剛性が高まる。さらに、コイル3A, 3B, 3C自体の剛性が高まるとともに、コイル3A, 3B, 3Cは中空部3Hを持ち、補強部材20が存在しないので、移動部2Fは軽量である。
- [0142] コイル結合体3の保持部材10への固定は、図21に示すように、電気絶縁性の接着剤350により保持部材10に対向する外周面3f1を保持部材10に固定する。次いで、コイル結合体3の第1、第2永久磁石群60A、60Bに対向する外周面3f3, 3f4を締付部材11で締め付けた状態で、締付部材11をボルト30で保持部材10に締結する。これにより、コイル結合体3は保持部材10に強固に固定される。
- [0143] 3相コイル3A, 3B, 3Cは、断面の輪郭形状が正方形または矩形となっているため、図22に示すように、互に対向する第1、第2永久磁石群60A、60Bの対向面60fは、コイル結合体3の外周面3f3, 3f4に対して所定の空隙をもって対向しており、対向面60fと外周面3f3, 3f4は略平行である。対向する第1、第2永久磁石群60A、60Bの間には、コイル3A, 3B, 3Cを結合したコイル結合体3のみが配置されている。したがって、コイル結合体3の中空部3Hの内部には、第1実施形態における補強部材20はもとより、磁性体や導電体は存在しない。
- [0144] 図23を参照して第7実施形態のコアレス・リニアモータ1Fの動作について述べる。直動方向A1, A2において、第1実施形態のコアレス・リニアモータと同様、隣接す

る一対の永久磁石N, Sの長さ、3相コイル3A, 3B, 3Cの長さが略一致する。

- [0145] コイル3A, 3B, 3Cを間にして、対向する第1、第2永久磁石群60A、60Bにおける永久磁石NとN、SとSの磁束BFは、磁石の極性が同じであることから、対向する永久磁石NとN、SとSの一方から他方へはほとんど向かわず、主に、隣接する永久磁石NからSへ向かう。
- [0146] 3相コイル3A, 3B, 3Cへそれぞれ位相が120度づつ異なるU相、V相、W相の3相交流電流を印加すると、第1対向ヨーク部51A側のコイル3A, 3B, 3Cに流れる電流の方向と、第2対向ヨーク部51B側のコイル3A, 3B, 3Cに流れる電流の方向は逆向きであり、かつ、第1対向ヨーク部51A側のコイル3A, 3B, 3Cを貫く磁束BFの向きと、第2対向ヨーク部51B側のコイル3A, 3B, 3Cを貫く磁束BFの向きとは逆になる。このため、第1対向ヨーク部51A側と第2対向ヨーク部51B側とは、同じ向きの推力が発生する。この推力によって、移動部2Fが直動方向A1、A2に沿って移動される。
- [0147] 図23の図解のとおり、永久磁石N, Sの磁束BFは、永久磁石N, Sの表面60f付近に主に分布し、コイル3A, 3B, 3Cの内部へは到達しにくい。したがって、コイル3A, 3B, 3Cの芯部まで導電線が存在したとしても、永久磁石N, Sの磁束を利用することはできない。本実施形態では、コイル結合体3における磁束の到達しない領域を中空部3Hとして、永久磁石N, Sの磁束の利用効率を高めると同時に、コイル3A, 3B, 3Cの軽量化を図っている。その結果、移動部2Fの質量が軽量化でき、高い制御応答性が実現する。
- [0148] コイル結合体3は中空部3Hを有するので、コイル3A, 3B, 3Cで発生した熱がこの中空部3Hを通じて外部に放出されやすくなる。
- [0149] 中空部3H内を空気などの冷却媒体を流せば、さらに効率良く冷却することができる。その結果、コアレス・リニアモータ1Fの温度上昇を抑制でき、熱変形によるコアレス・リニアモータの構成要素の位置決め精度の低下を防ぐことができる。
- [0150] コイル結合体3は中空部3Hに導電体が存在しないため、コイル3A, 3B, 3Cの発生する磁界によって誘導電流が発生することがなく、移動部2Fの推力とは逆方向の力が発生しない。その結果、誘導電流に起因するリニアモータ1Fの推力変動が発生

しない。加えて、誘導電流が発生しないので、コアレス・リニアモータの効率の低下を防ぐことができる。

[0151] 渦電流損失も回避でき、モータ効率の低下を防ぐことができる。

[0152] 以上により、第7実施形態によれば、推力の変動が大幅に抑制されたコアレス・リニアモータが得られる。

[0153] (第8実施形態)

図24、図25を参照して本発明に基づく第8実施形態のコアレス・リニアモータについて述べる。

[0154] 図24は本発明の第8実施形態のコアレス・リニアモータの可動部2Gの構造を示す斜視図である。

[0155] 第8実施形態のコアレス・リニアモータの基本的な構成は図19〜図22を参照して述べた第7実施形態のコアレス・リニアモータと同様であり、第7の実施形態と同一構成部分は同一の符号を使用している。

[0156] 移動部2Gは、図6を参照して述べた移動部2と同様、第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1と、第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2からなるコイル結合体30Gを備えている。

[0157] 図25を参照して第8実施形態のコアレス・リニアモータ1Gの動作を述べる。

直動方向A1、A2において、隣接する4個の永久磁石N, S, N, Sの長さ、6個のコイルの長さが略同じである。

[0158] 移動部2Gの第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1と、第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2との関係および条件は、図6を参照して述べた移動部2における第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1と、第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2の関係および条件と同様であり、第1群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2は第2群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1に対してそれぞれ逆位相、すなわち、位相が180度異なる磁界を発生する。たとえば、第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1と第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2の巻回の向きが同じ場合には、U相、V相、W相の3相交流電流を第1群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1へ印加し、第2群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2へは、3相交流電流と位相が180度異なる−U相、−V相、−W相の3相交流を印加すると、第1群のコイル

3A1,3A2、コイル3B1, 3B2と、第2群のコイル3C1, 3C2には、それぞれ逆向きの磁界が発生する。これらは、逆位相関係にあるため、磁界の磁束は互いに打ち消しあう。この結果、コイル3A1,3A2、コイル3B1, 3B2およびコイル3C1, 3C2内から漏れる磁束が抑制されるため、永久磁石N, Sの形成する磁場への乱れを少なくでき、コイルの発生する磁束によるヨーク51(第1、第2対向ヨーク部51A, 51B)の磁気飽和を防止することができる。

[0159] 第1群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2と第2群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1とが発生する磁界を逆位相とする方法は、図6を参照して述べた場合と同様である。たとえば、第1群の3相コイル3A2, 3B2, 3C2と第2群の3相コイル3A1, 3B1, 3C1の巻き方向を逆にして同相の3相交流電流を印加してもよいし、コイルの結線方法を変えることで対応してもよい。

[0160] (第8実施の形態の変形態様)

図26を参照して第8実施形態のコアレス・リニアモータの変形態様を述べる。

[0161] 図8を参照して述べたように、隣接するコイル3A1, 3A2、コイル3B1, 3B2、および、コイル3C1, 3C2の組の長さを隣接する2個の永久磁石N, Sの長さと同様とし、各コイルの組を、磁石の位置を基準として、 $\pi/3$ ラジアン(60度)または $2\pi/3$ ラジアン(120度)の位相だけ異ならせた配置とする。各コイルの組に第7実施の形態のリニアモータと同様に磁界を発生させることにより、第7実施の形態のリニアモータと同様の作用、効果が得られる。

[0162] (第9実施形態)

図27を参照して本発明に基づく第9実施形態のコアレス・リニアモータについて述べる。

[0163] 図27に図解したコアレス・リニアモータ1Hの基本的な構成は、図21に図解したコアレス・リニアモータ1Fと同様であるが、コアレス・リニアモータ1Hには、コイル結合体3の中空部3H内に補強部材20Hが嵌入されている。

[0164] 補強部材20Hは、コイル結合体3の中空部3Hの断面形状に合致する断面形状を有し、中空部3Hの全長にわたって中空部3Hの内周に嵌合している。補強部材20Hはコイル結合体3と結合されている。

- [0165] 補強部材20Hは、第1実施形態の補強部材20と同様、コイル結合体3の剛性を高めるために設けられている。補強部材20Hは中空部20hを備える。この中空部20hは、補強部材20Hの軽量化と、コイル結合体3の冷却効果を高めるために形成されている。
- [0166] 補強部材20Hの形成材料としては、第1実施形態の補強部材20と同様、非磁性で電気絶縁性の材料が用いられるが、本実施形態の補強部材20Hの好適な材料としては、金属よりも軽量で高剛性な材料が好ましく、たとえば、ガラスエポキシ樹脂、カーボン繊維等の強化繊維を用いたFRP等の材料が好ましい。
- [0167] 補強部材20Hの形状を筒状としたが、これに限定されるわけではなく、種々の形状を採用することができる。たとえば、補強部材20Hの形状を平板状ととしても良い。また、コイル結合体3内の全周に設けずに、たとえば、対向する一对の側面にそれぞれ平板状の補強部材を設ける構成としても良い。また、補強部材として中実の部材を用いて、中空部3Hをすべて補強部材とすることも可能である。
- [0168] (第10実施形態)
- 図28ー図31を参照して本発明に基づく第10実施形態のコアレス・リニアモータについて述べる。
- [0169] 図28に図解したコアレス・リニアモータ100Dは、移動部150Dと固定部101Dとを有する。本実施形態では固定部101Dが電機子として機能する。
- [0170] 固定部101Dは、コイル結合体103Dと、保持部材110Dとを有する。
- 保持部材110Dは、図12を参照して述べた保持部材110と同様の平板状の形状をしており、非磁性体の材料、たとえば、ステンレススチール、アルミニウム合金等の金属で形成されている。保持部材110Dは、コイル結合体103を保持する役割を果たし、図示しないベース等に固定される。
- [0171] コイル結合体103Dは、複数組の3相コイル103A, 103B, 103Cが複数集まったものである。各組のコイル103A, 103B, 103Cは、電気絶縁部材109を介して結合されている。コイル結合体103Dの形成は、第1、6実施形態で説明したコイル結合体3, 30の形成方法と同様である。ただし、3相コイル103A, 103B, 103Cが多数結合され、全長が長い点で異なる。

- [0172] 図29に示すように、保持部材110Dは、コイル結合体103Dの対向する外周面を全面的に保持している。このため、比較的長い全長をもつ固定部101Dの剛性が飛躍的に高まる。
- [0173] コイル結合体3Dの中空部103Hは、直動方向A1、A2に沿って貫通している。
- [0174] 移動部150Dは、ヨーク151と、ヨーク151の第1、第2対向ヨーク部151A、151Bの対向面に配設された第1、第2永久磁石群106A、106Bとを有する。移動部150Dは、図示しないガイド機構によって直動方向A1、A2に移動自在に支持されている。
- [0175] 図29に示すヨーク151の構成は、図13を参照して述べたヨーク151と同じ構成をし、同じ材料で製造されている。ただし、図13に図解したヨーク151は固定されて移動しないが、図29に示したヨーク151は第1、第2永久磁石群106A、106Bとともに移動する。
- [0176] 本実施形態のヨーク151は、鉄などの磁性材料で形成することができるが、移動部150Dの軽量化の観点から、アルミニウム合金等の比強度の高い軽量の材料を用いることができる。あるいは、第1、第2対向ヨーク部151A、151Bに磁性材料を用い、連結ヨーク部151Cにアルミニウムまたはアルミニウム合金等の非磁性材料を用いても良い。
- [0177] 第1、第2永久磁石群106A、106Bの条件などは上述したものと同様である。
各組の3相コイル103A、103B、103Cは、断面の輪郭形状が矩形となっているため、図30、図31に示すように、互いに対向する第1、第2永久磁石群106A、106Bの対向面106fは、コイル結合体103の外周面103fに対して所定の空隙をもって対向しており、対向面106fと外周面103fは略平行に配置されている。
- [0178] 図31を参照してコアレス・リニアモータ100Hの動作を述べる。
コアレス・リニアモータ100Hの動作は、固定部と移動部とが逆であることを除いて、図14を参照して述べたコアレス・リニアモータ100の動作と基本的に同じである。以下、コアレス・リニアモータ100Hの動作を簡単に述べる。
- [0179] 直動方向A1、A2において、隣接する2個の永久磁石N、Sの長さ、3相コイル103A、103B、103Cの寸法とが略一致する。

- [0180] 対向している永久磁石N, Nと永久磁石S, Sの一方から他方へはほとんど向かわず、主に、隣接する永久磁石N, Sへ向かう。したがって、永久磁石NからSへの磁束BFは、隣接する永久磁石N, Sの表面付近に主に分布し、コイル103A, 103B, 103Cの内部へは到達しにくい。
- [0181] 3相コイル103A, 103B, 103Cへそれぞれ位相が120度ずつ異なるU相、V相、W相の3相交流電流を印加すると、第1対向ヨーク部151A側と第2対向ヨーク部151B側とは、同じ向きの推力が発生する。この推力によって、ヨーク151および第1、第2永久磁石群106A、106Bを含む移動部150Dが直動方向A1、A2に沿って移動する。
- [0182] 図32を参照して図31に図解したコアレス・リニアモータ100Dの冷却方法の一例を述べる。
- [0183] コイル結合体103Dの中空部103Hの一端からファン300を用いて空気を供給する。中空部103Hの一端から供給された空気は、中空部H内を通過し、熱を効率よく吸収して、中空部103Hの他端から排出される。
- [0184] 本実施形態では、コイル結合体103Dが固定されているので、空気、水等の冷却媒体を中空部103Hへ常時供給して強制冷却を容易に行うことができ、コアレス・リニアモータ100Dの温度管理が容易にできる。
- [0185] (第11実施形態)
図32を参照して本発明に基づく第11実施形態のコアレス・リニアモータを述べる。
- [0186] コアレス・リニアモータ100Eは、固定部が電機子であり、移動部はヨーク151と、第1、第2対向ヨーク部151A, 151Bに配設された第1、第2永久磁石群106AA、106BBとを有する。
- [0187] 第11実施形態のコアレス・リニアモータ100Eの構成は、固定部と移動部との関係が逆であることを除いて、図16を参照して述べたコアレス・リニアモータ100Aと同様である。
- [0188] 3相コイル103A2, 103B2, 103C2は、3相コイル103A1, 103B1, 103C1に対して位相が180度異なる磁界を発生する。
- [0189] コアレス・リニアモータ100Eにおいて、U相、V相、W相の3相交流電流を3相コイ

ル103A1, 103B1, 103C1へ印加し、3相コイル103A2, 103B2, 103C2へは3相交流と位相が180度異なる-U相、-V相、-W相の3相交流電流を印加すると、コイル103A1, 103A2, コイル103B1, 103B2およびコイル103C1, 103C2には、それぞれ逆向きの磁界が発生し、ヨーク151および第1、第2永久磁石群106AA、106BBを有する移動部がコイル結合体103Eに対して直動方向A1、A2に移動する。

[0190] (第12実施形態)

図34、図35を参照して本発明に基づく第12実施形態のコアレス・リニアモータを述べる。

[0191] 図34は本発明に基づく第12実施形態のコアレス・リニアモータの構成を示す図であり、図35は図34に示すコアレス・リニアモータの移動部および固定部の構造を示す断面図である。

[0192] 本実施形態のコアレス・リニアモータ100Fは、電機子が固定部であり、移動部にヨーク151-Aに4群の永久磁石群106A-106Dが設けられている。固定部と移動部との関係が逆であるが、ヨーク151-Aの構造およびヨーク151-Aに4群の永久磁石群106A-106Dが設けられている構成は図19を参照して述べたものと同様である。

[0193] ヨーク151-Aに4群の永久磁石群106A-106Dを配設することにより、コイルが利用する永久磁石の利用効率が高まり、推力等を向上させることができる。

[0194] 上述した実施形態では、コイルの断面形状を矩形または正方形とし、永久磁石群60A、60Bまたは永久磁石群106A、106Bなどを平板状に形成したが、本発明はこれに限定されない。たとえば、コイルの断面形状は、正方形、円形、楕円形状などの他の形状でもよく、永久磁石はこれらの形状に応じて湾曲した形状とすることができる。

[0195] 上述した補強部材は、コイル内にセンターヨークが挿入されるタイプのコアレス・リニアモータのコイルにも適用することができる。

[0196] 本発明のコアレス・リニアモータの効果を下記に述べる。

電機子に用いるコイルを導電線を筒状に巻いて形成するため、コイルの断面2次モーメントを大きくとることができ、コイルの剛性、特に、曲げ、せん断剛性が高まる。また、導電線を筒状に整列多層巻きし、かつ、接着剤で固め、電気絶縁性の部材を介

して端面を互いに結合することで、コイル自体の剛性が飛躍的に高まる。特に、コイル結合体3、103などをコアレス・リニアモータの固定部とした場合は、補強部材20、120を用いなくてもよく、コイルを上述のごとく形成し、締付部材11を用いて保持部材110などに固定するだけで十分な剛性を得ることができる。

- [0197] このように形成された3相コイルの外周面に対向する位置に磁気回路を構成するための磁石を対向配置し、かつ、同じ極性の磁極が対向するように配置すると、互いに対向する磁石の磁束の向きは相反しているため、磁束は磁石に近い位置にあるコイルには到達するが、3相コイルの内部では磁束密度が非常に小さくなる。
- [0198] 対向する磁石の一方の磁束とコイルとの間で発生する力の向きと、他方の磁束とコイルとの間で発生する力の向きとは同じ向きとなり、これが移動部の推力となる。
- [0199] 非磁性で導電性を有する補強部材は、3相コイルの内周を支持し、剛性が向上されたコイルをさらに補強する。この補強部材は、導電性を有し、3相コイルの発生する磁束が通過するため、誘導電流が流れるが、磁石からの磁束が届かないコイル内部にあるため、推力とは逆方向の力がほとんど発生しない。補強部材はコイルの熱を放出する放熱手段としても機能する。補強部材を軽量化することが望ましい。そこで、補強部材に、アルミニウム合金などを用いる。
- [0200] 第1組の3相コイルに対して逆位相相の関係にある第2組の3相コイルを各相コイルに隣接して配置すると、互いに隣接するコイルの内部では、相反する向きの磁束が発生し、互いに打ち消し合い、補強部材を通過する磁束が大幅に減少し、補強部材に誘導電流がほとんど流れなくなる。その結果、補強部材に磁石からの磁束が到達したとしても、推力とは逆方向の力の発生を大幅に抑えることができる。また、渦電流損失を回避でき、モータの効率低下を防ぐことができる。
- [0201] 上述した固定部と移動部とを逆にすることができる。コイル結合体3、103などを固定部とした場合は、コイル結合体3、103の中空部などに冷却媒体を提供することが容易になり、コアレス・リニアモータの放熱対策の効果が高まる。

請求の範囲

- [1] 固定部と、
該固定部に対して相対的に移動する移動部と
を具備し、
前記固定部は、ヨーク(51、151)と、該ヨークに配設された永久磁石群(60)とを有し、
前記移動部(2)は、コイル結合体(3、30)を有し、
前記ヨーク(51、151)は、第1間隔を隔てて対向し磁性体で形成された第1および第2の対向ヨーク部(51A、51B／151A、151B)と、該第1および第2の対向ヨーク部の一端を連結する連結ヨーク部(51C、151C)とを有し、
前記永久磁石群(60)は、前記第1および第2の対向ヨーク部(51A、51B／151A、151B)の対向面に対向して配設された第1および第2の永久磁石群(60A、60B)を有し、当該第1および第2の永久磁石群はそれぞれ前記ヨークの長手方向に沿って複数の磁石を有し、当該第1および第2の永久磁石群それぞれの複数の磁石は前記ヨークの長手方向に沿った対向する磁石の磁極が交互に異なり、かつ、前記ヨークの長手方向に沿った各永久磁石の磁極は同じであり、
前記コイル結合体(3、30)は、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)の間に、前記ヨークの長手方向(A1、A2)に沿って、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と相対的に移動可能に配設された、少なくとも3個のコイル(3A、3B、3C)とを有し、
前記少なくとも3個のコイルは、各コイルが中実状に整列多層巻きされ、かつ、接着剤で固められており、電気絶縁性の部材を介して隣接するコイルの端面が互いに結合されており、
前記コイル結合体(3、30)が前記対向する第1、第2永久磁石群(60A、60B)の間の空間内を前記ヨークの長手方向(A1、A2)に沿って移動する、
コアレス・リニアモータ。
- [2] 前記コイルの断面形状は、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と対向する長さ(a)が、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と直交する長さ(B)より長い、
請求項1に記載のコアレス・リニアモータ。

- [3] 前記移動部は、前記コイルの中実分に嵌入された非磁性体の補強部材(20、120)をさらに有し、
前記補強部材(20、120)の断面形状は、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と対向する辺の長さ(a)が、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と直交する辺の長さ(B)より長い、
請求項1または2記載のコアレス・リニアモータ。
- [4] 前記補強部材(20、120)の内部に冷却剤が通過する穴が形成されている、
請求項3に記載のコアレス・リニアモータ。
- [5] 前記補強部材(20、120)の内部の穴に放熱フィンが形成されている、
請求項4に記載のコアレス・リニアモータ。
- [6] 前記補強部材(20、120)はアルミニウムまたはアルミニウム合金で製造されている、
請求項3～5のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [7] 前記移動部(2)はさらに、保持部材(10、110)およびスペーサ(25、125)を備え、
前記コイル結合体(3、30)に嵌入されている前記補強部材(20)の両端部が前記スペーサ(25、125)を介して前記保持部材(10)に保持されている、
請求項3～6のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [8] 前記補強部材(20、120)、前記スペーサ(25、125)は熱伝導率が高く、軽量の材料で形成されている、
請求項7に記載のコアレス・リニアモータ。
- [9] 前記補強部材(20、120)、前記スペーサ(25)は、アルミニウムまたはアルミニウム合金で形成されている、
請求項8に記載のコアレス・リニアモータ。
- [10] 前記補強部材は、当該補強部材の表面に入射する磁束密度が前記対向する第1、第2永久磁石群(60A、60B)の表面の中央における各磁石の磁束密度の $1/2$ 以下となる距離だけ前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)の表面から離隔して配設されている、
請求項3～9のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。

- [11] 前記ヨークの長手方向(A1、A2)における、前記3個のコイルの長さと、前記第1永久磁石群(60A、60B)の接続する2個の磁石の長さが等しい、
請求項1〜10のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [12] 前記電機子を構成するコイル結合体(3、30)は、互いに逆位相の磁界を発生させる第1組の3相コイルと第2組の3相コイルを有し、
前記第1および第2組の3相コイルの対応する各相コイルは隣接して配置されている、
請求項1〜11のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [13] 前記ヨーク(51、151)は、正方形または矩形の断面をなし、磁性体で形成された第1および第2の対向ヨーク部(51A、51B／151A、151B)、および、該第1および第2の対向ヨーク部(51A、51B／151A、151B)と直交し、磁性体で形成された第3および第3の対向ヨーク部(51C、51D／151C、151D)とを有し、
前記永久磁石群(60)は、
前記第1および第2の対向ヨーク部の対向面に対向して配設された第1および第2の永久磁石群(60A、60B)と、
前記第3および第4の対向ヨーク部の対向面に対向して配設された第3および第4の永久磁石群(60C、60D)と、
を有し、
前記第1および第2の永久磁石群はそれぞれ前記ヨークの長手方向に沿って複数の磁石を有し、当該第1および第2の永久磁石群それぞれの複数の磁石は前記ヨークの長手方向に沿った対向する磁石の磁極が交互に異なり、かつ、前記ヨークの長手方向に沿った各永久磁石の磁極は同じであり、
前記第3および第4の永久磁石群はそれぞれ前記ヨークの長手方向に沿って複数の磁石を有し、当該第3および第4の永久磁石群それぞれの複数の磁石は前記ヨークの長手方向に沿った対向する磁石の磁極が交互に異なり、かつ、前記ヨークの長手方向に沿った各永久磁石の磁極は同じである、
請求項1〜13のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [14] 固定部と、

該固定部に対して相対的に移動する移動部と

を具備し、

前記移動部は、ヨーク(51、151)と、該ヨークに配設された永久磁石群(60)とを有し、

前記固定部は、コイル結合体(3、30)を有し、

前記ヨーク(51、151)は、第1間隔を隔てて対向し磁性体で形成された第1および第2の対向ヨーク部(51A、51B/151A、151B)と、該第1および第2の対向ヨーク部の一端を連結する連結ヨーク部(51C、151C)とを有し、

前記永久磁石群(60)は、前記第1および第2の対向ヨーク部(51A、51B/151A、151B)の対向面に対向して配設された第1および第2の永久磁石群(60A、60B)を有し、当該第1および第2の永久磁石群はそれぞれ前記ヨークの長手方向に沿って複数の磁石を有し、当該第1および第2の永久磁石群それぞれの複数の磁石は前記ヨークの長手方向に沿った対向する磁石の磁極が交互に異なり、かつ、前記ヨークの長手方向に沿った各永久磁石の磁極は同じであり、

前記コイル結合体(3、30)は、前記対向する第1、第2永久磁石群(60A、60B)の間に位置する、少なくとも3個のコイル(3A、3B、3C)とを有し、前記少なくとも3個のコイルは、各コイルが中実状に整列多層巻きされ、かつ、接着剤で固められており、電気絶縁性の部材を介して隣接するコイルの端面が互いに結合されており、

前記コイル結合体(3、30)に対して対向する第1、第2永久磁石群(60A、60B)と、前記ヨーク(51、151)を有する移動部が、前記コイル結合体の長手方向(直動方向A1、A2)に沿って移動する、

コアレス・リニアモータ。

- [15] 前記コイルの断面形状は、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と対向する長さ(a)が、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と直交する長さ(B)より長い、

請求項14に記載のコアレス・リニアモータ。

- [16] 前記固定部は、前記コイルの中実分に嵌入された非磁性体の補強部材(20、120)をさらに有し、

前記補強部材(20、120)の断面形状は、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)

と対向する辺の長さ(a)が、前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)と直交する辺の長さ(B)より長い、

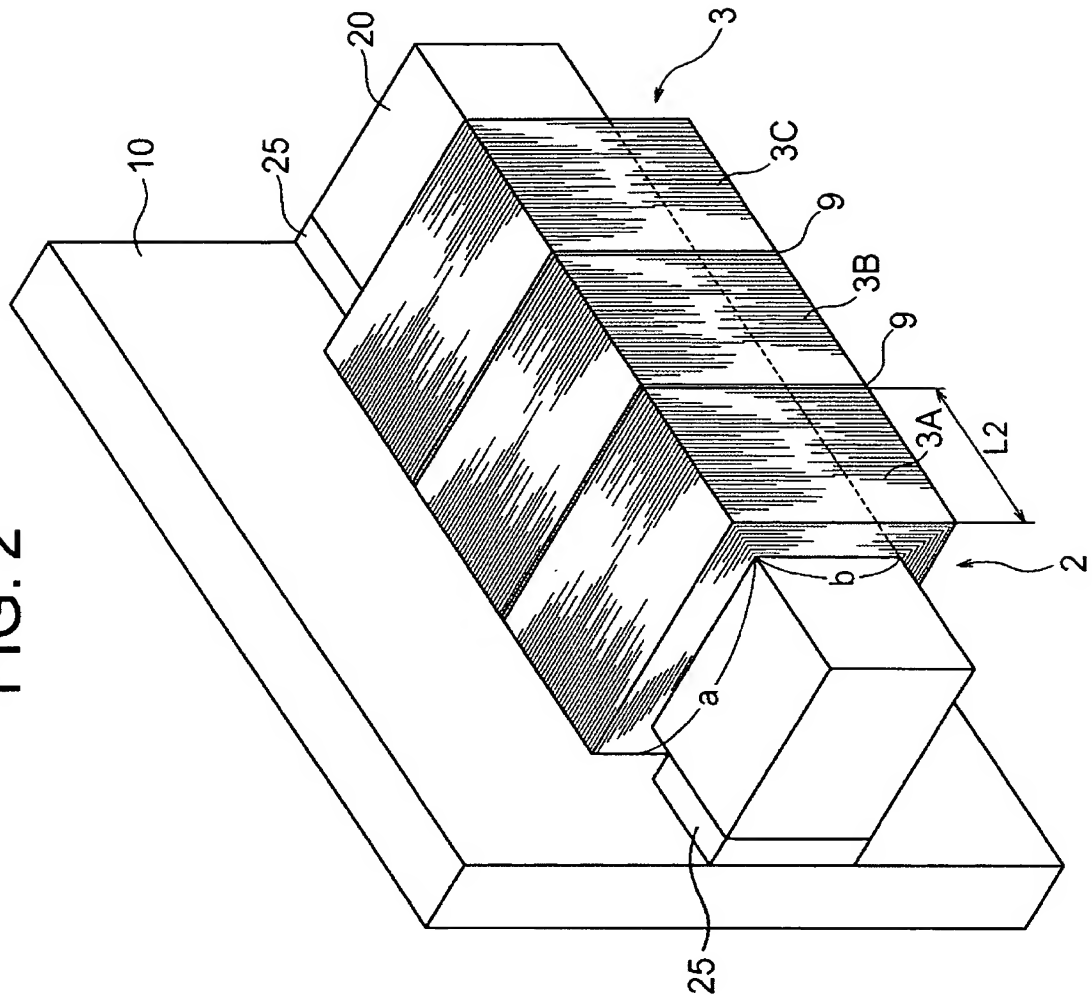
請求項14または15記載のコアレス・リニアモータ。

- [17] 前記補強部材(20、120)の内部に冷却剤が通過する穴が形成されている、
請求項16に記載のコアレス・リニアモータ。
- [18] 前記補強部材(20、120)の内部の穴に放熱フィンが形成されている、
請求項17に記載のコアレス・リニアモータ。
- [19] 前記補強部材(20、120)はアルミニウムまたはアルミニウム合金で製造されている、
請求項16～18のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [20] 前記固定部はさらに、保持部材(10、110)およびスペーサ(25、125)を備え、
前記コイル結合体(3、30)に嵌入されている前記補強部材(20)の両端部が前記
スペーサ(25、125)を介して前記保持部材(10)に保持されている、
請求項16～19のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [21] 前記補強部材(20、120)、前記スペーサ(25、125)は熱伝導率が高く、軽量の材
料で形成されている、
請求項20に記載のコアレス・リニアモータ。
- [22] 前記補強部材(20、120)、前記スペーサ(25)は、アルミニウムまたはアルミニウム
合金で形成されている、
請求項21に記載のコアレス・リニアモータ。
- [23] 前記補強部材は、当該補強部材の表面に入射する磁束密度が前記対向する第1
、第2永久磁石群(60A、60B)の表面の中央における各磁石の磁束密度の $1/2$ 以
下となる距離だけ前記第1、第2永久磁石群(60A、60B)の表面から離隔して配設さ
れている、
請求項16～22のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [24] 前記ヨークの長手方向(A1、A2)における、前記3個のコイルの長さ、前記第1永
久磁石群(60A、60B)の接続する2個の磁石の長さが等しい、
請求項14～23のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。

- [25] 前記コイル結合体(3、30)は、互いに逆位相の磁界を発生させる第1組の3相コイルと第2組の3相コイルを有し、
前記第1および第2組の3相コイルの対応する各相コイルは隣接して配置されている、
請求項14〜24のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。
- [26] 前記ヨーク(51、151)は、正方形または矩形の断面をなし、磁性体で形成された第1および第2の対向ヨーク部(51A, 51B/151A, 151B)、および、該第1および第2の対向ヨーク部と直交し、磁性体で形成された第3および第4の対向ヨーク部(51C, 51D/151C, 151D)とを有し、
前記永久磁石群(60)は、
前記第1および第2の対向ヨーク部の対向面に対向して配設された第1および第2の永久磁石群(60A, 60B)と、
前記第3および第4の対向ヨーク部の対向面に対向して配設された第3および第4の永久磁石群(60C, 60D)と、
を有し、
前記第1および第2の永久磁石群はそれぞれ前記ヨークの長手方向に沿って複数の磁石を有し、当該第1および第2の永久磁石群それぞれの複数の磁石は前記ヨークの長手方向に沿った対向する磁石の磁極が交互に異なり、かつ、前記ヨークの長手方向に沿った各永久磁石の磁極は同じであり、
前記第3および第4の永久磁石群はそれぞれ前記ヨークの長手方向に沿って複数の磁石を有し、当該第3および第4の永久磁石群それぞれの複数の磁石は前記ヨークの長手方向に沿った対向する磁石の磁極が交互に異なり、かつ、前記ヨークの長手方向に沿った各永久磁石の磁極は同じである、
請求項14〜26のいずれかに記載のコアレス・リニアモータ。

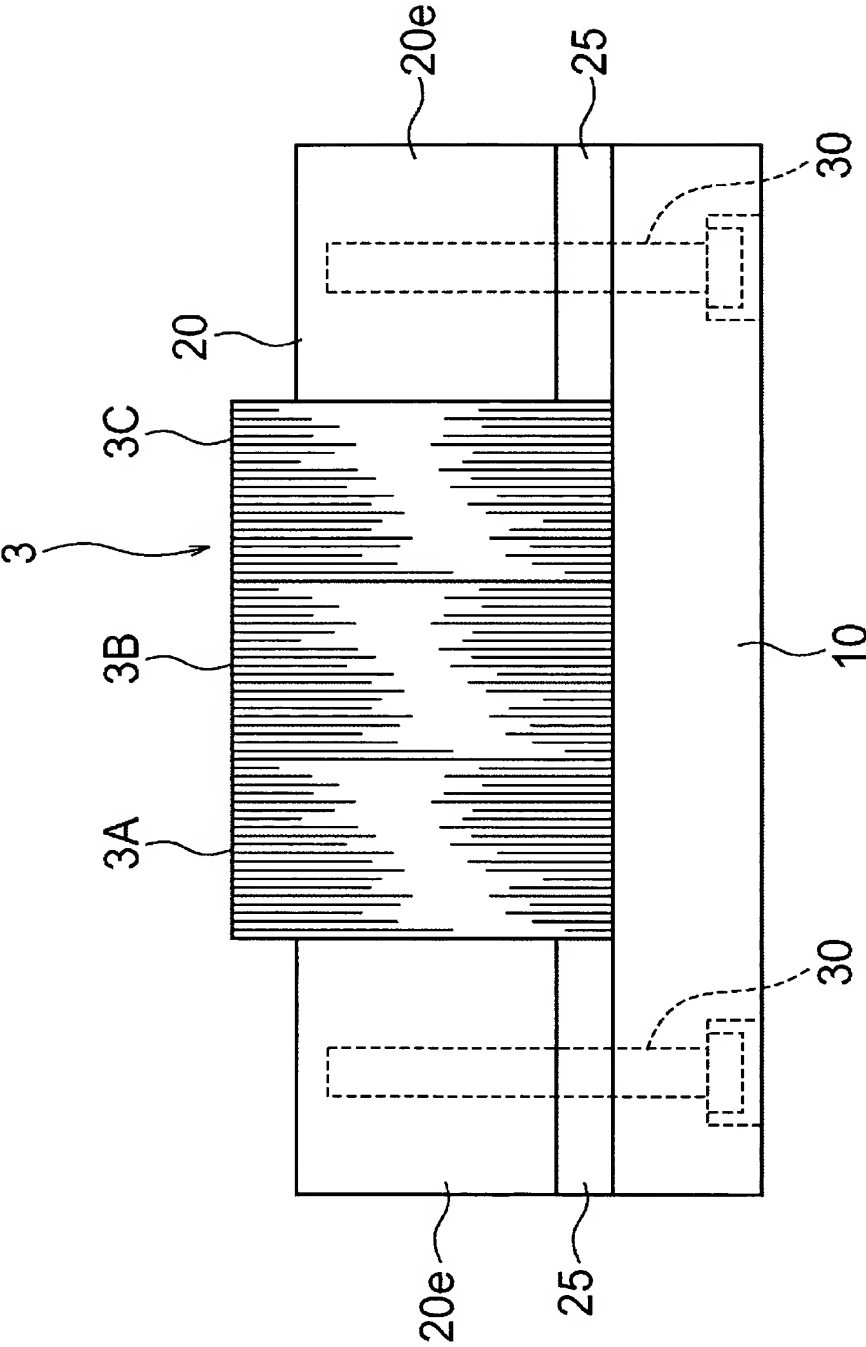
[図2]

FIG. 2



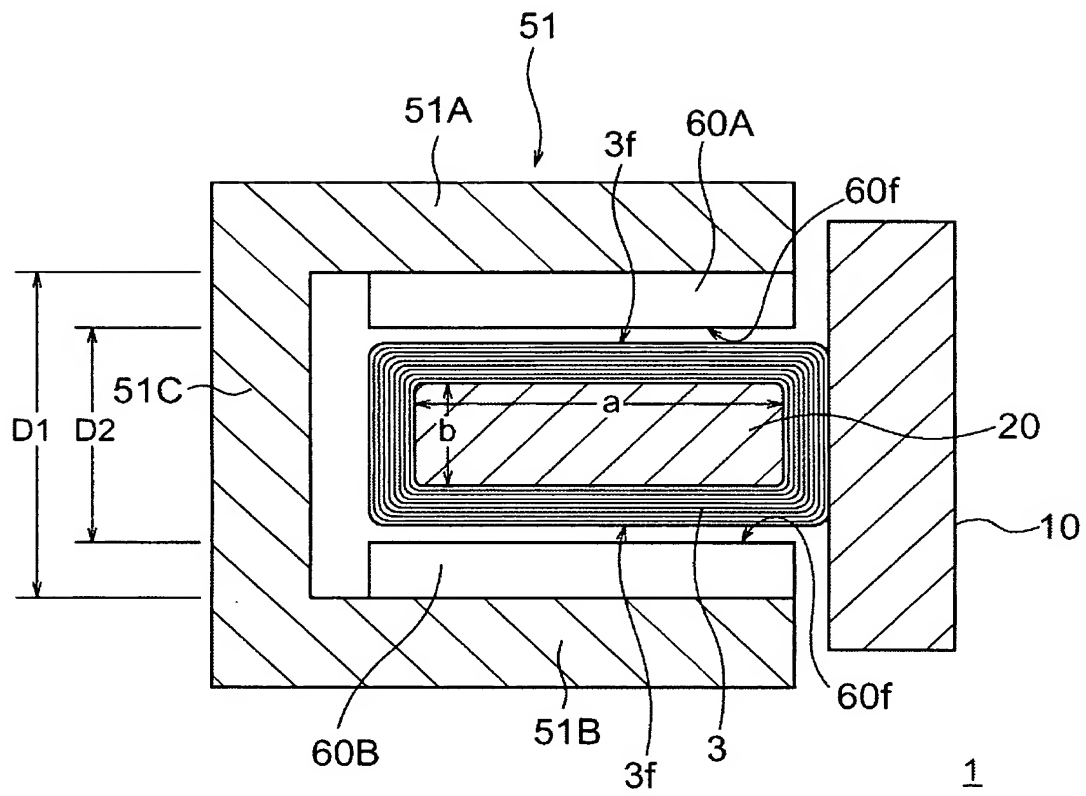
[図3]

FIG. 3



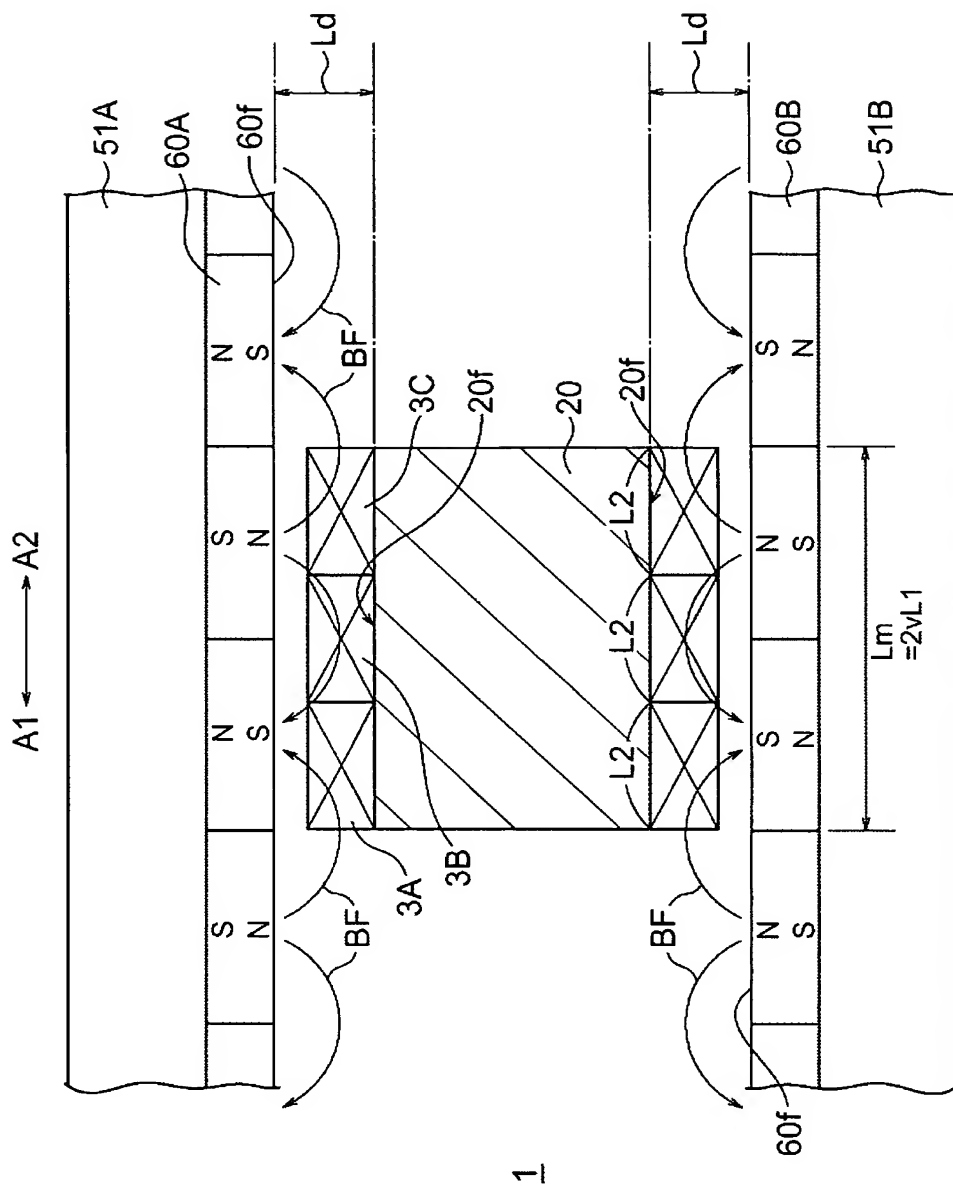
[図4]

FIG. 4



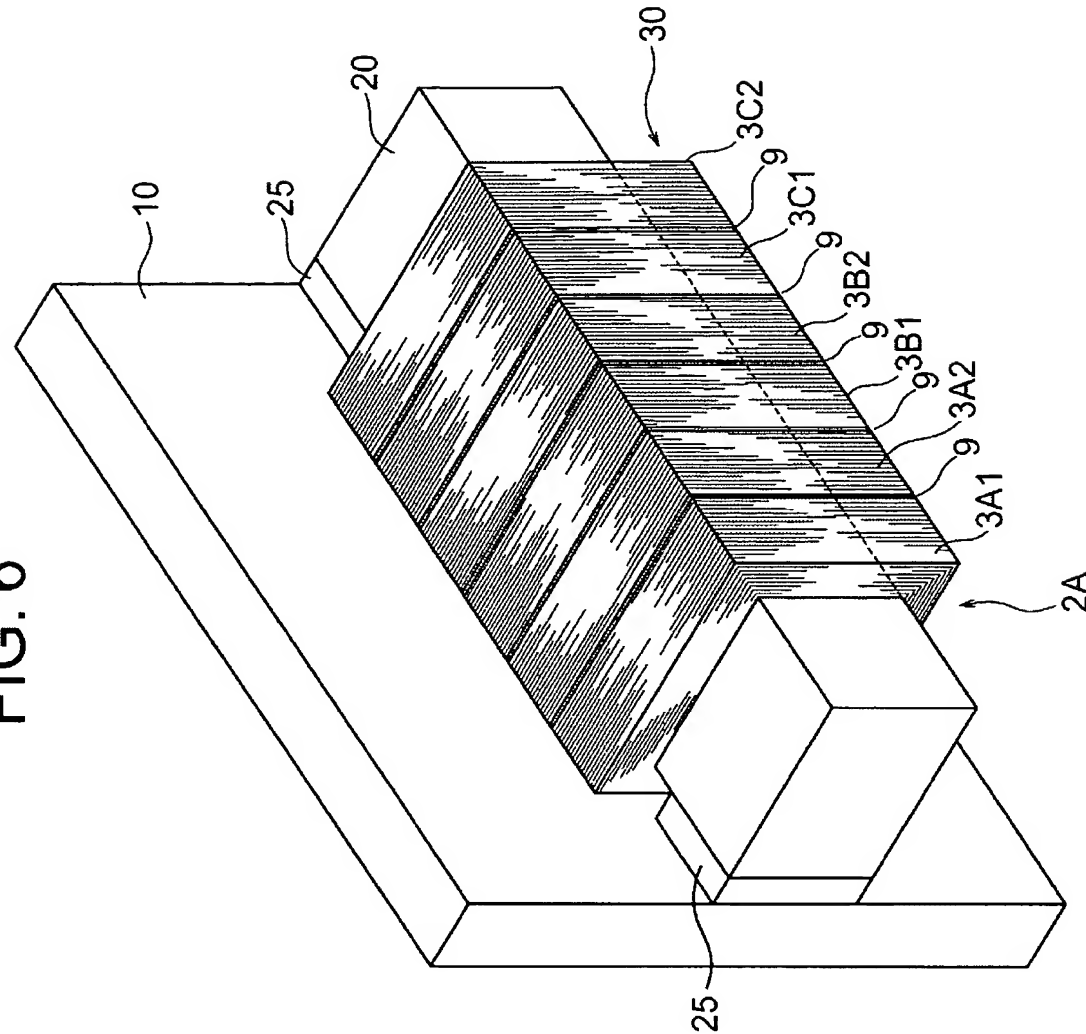
[図5]

FIG. 5



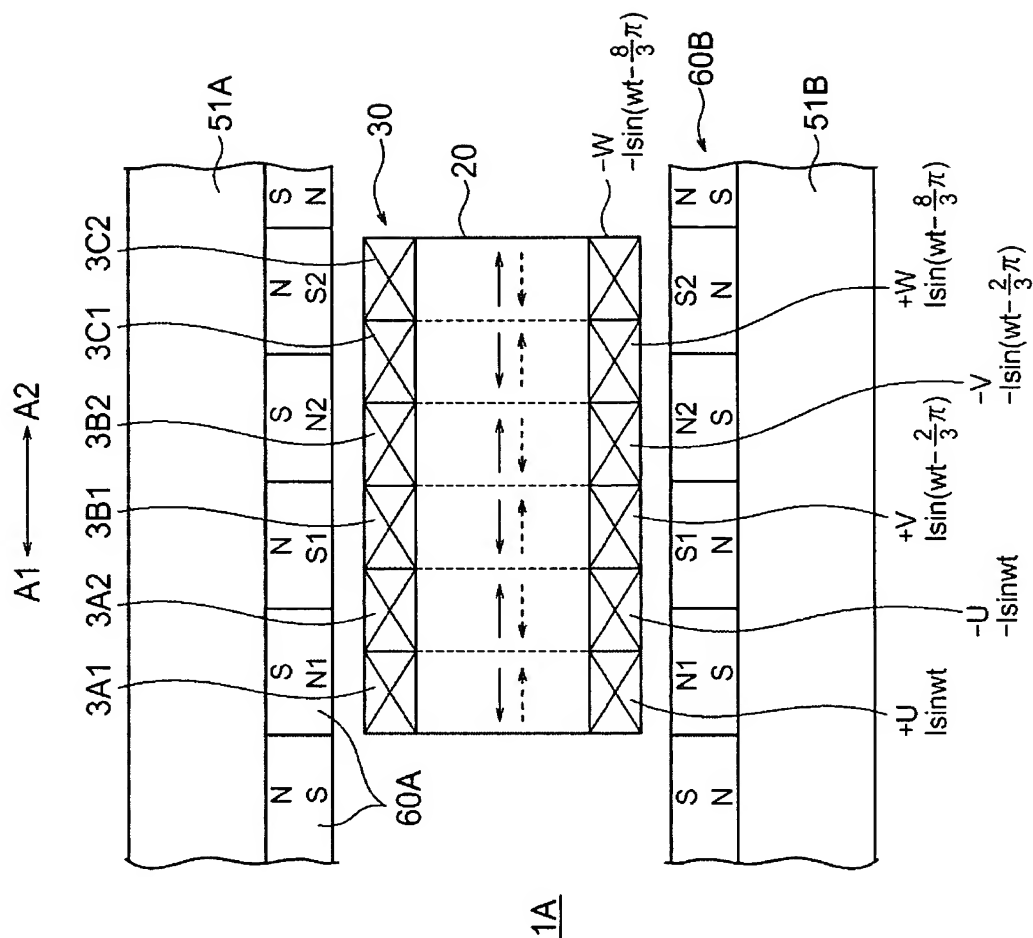
[図6]

FIG. 6



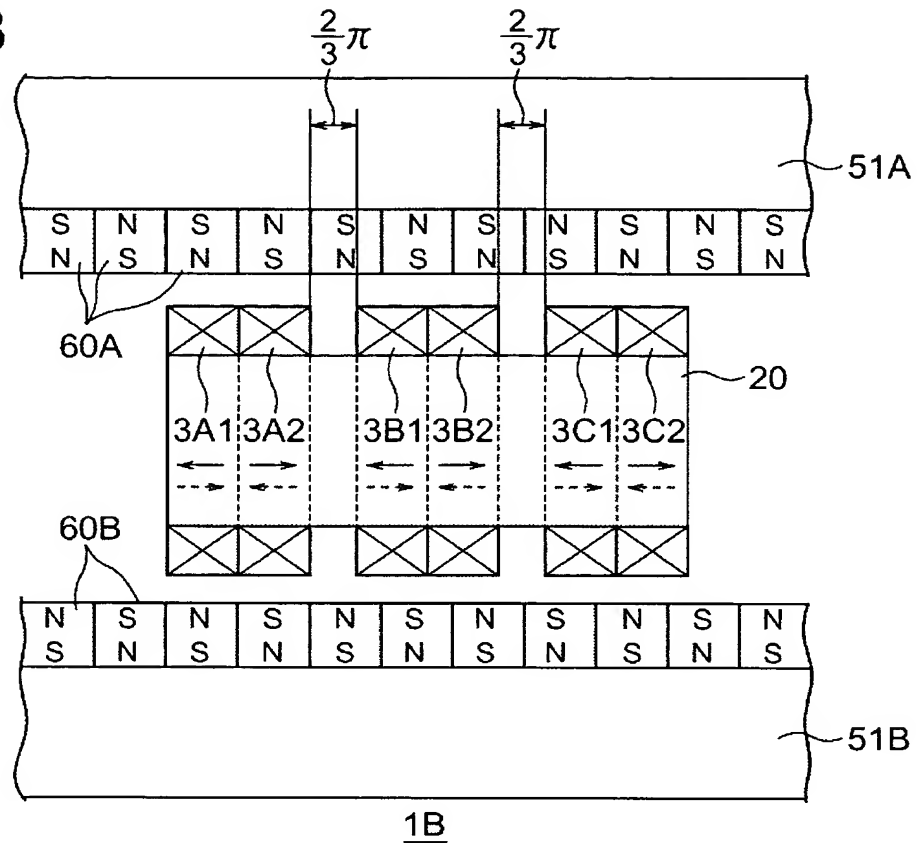
[図7]

FIG. 7



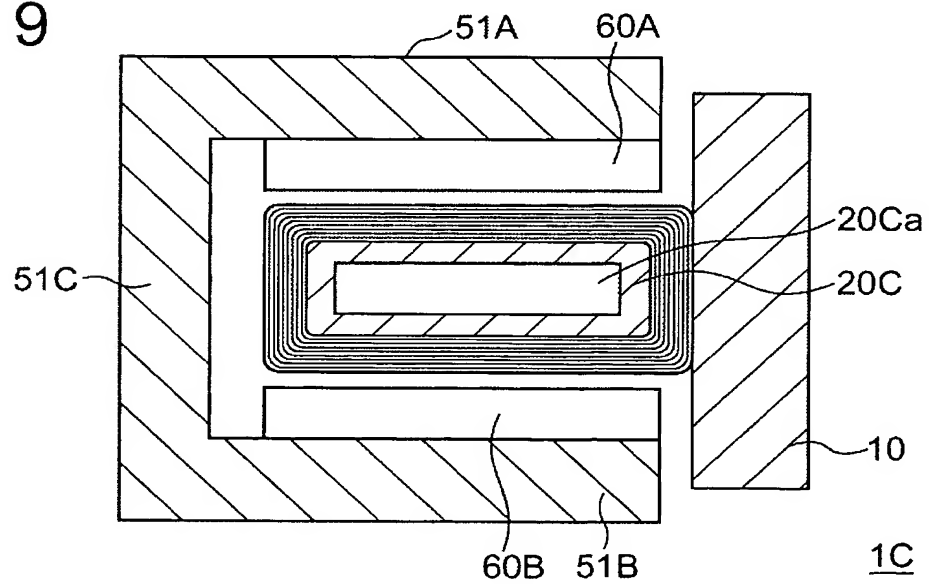
[図8]

FIG. 8



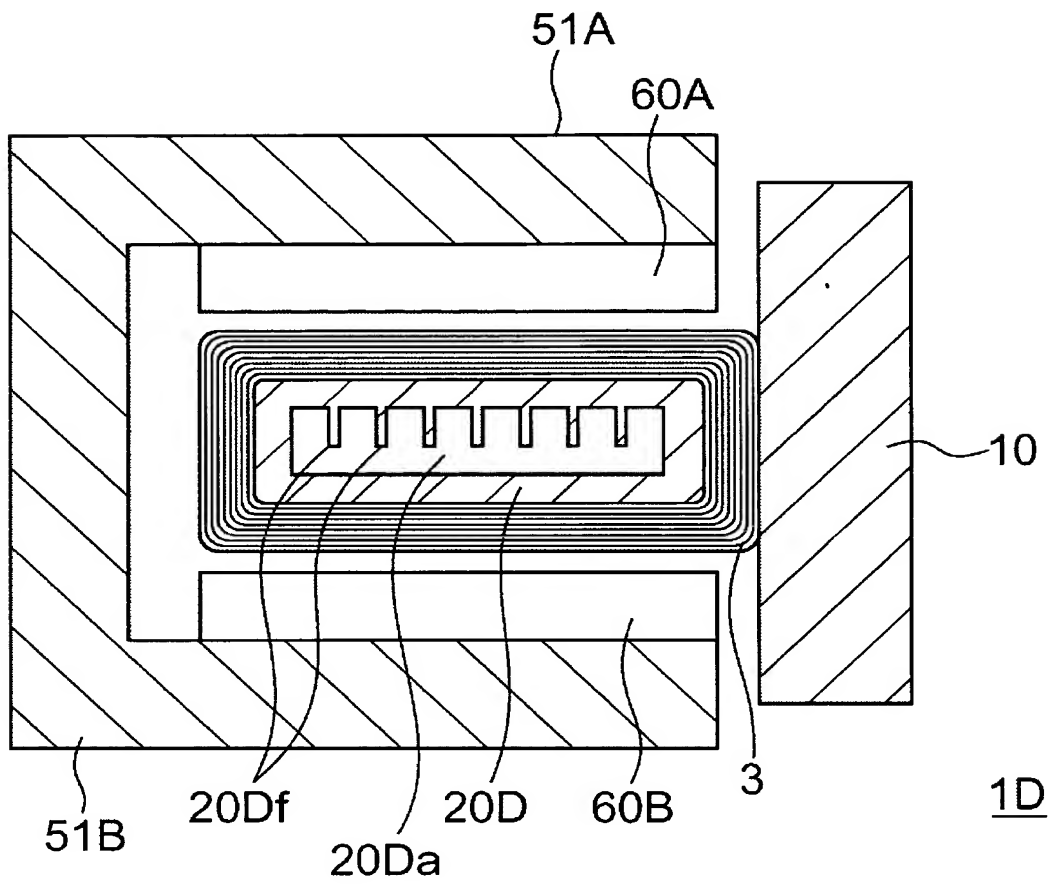
[図9]

FIG. 9

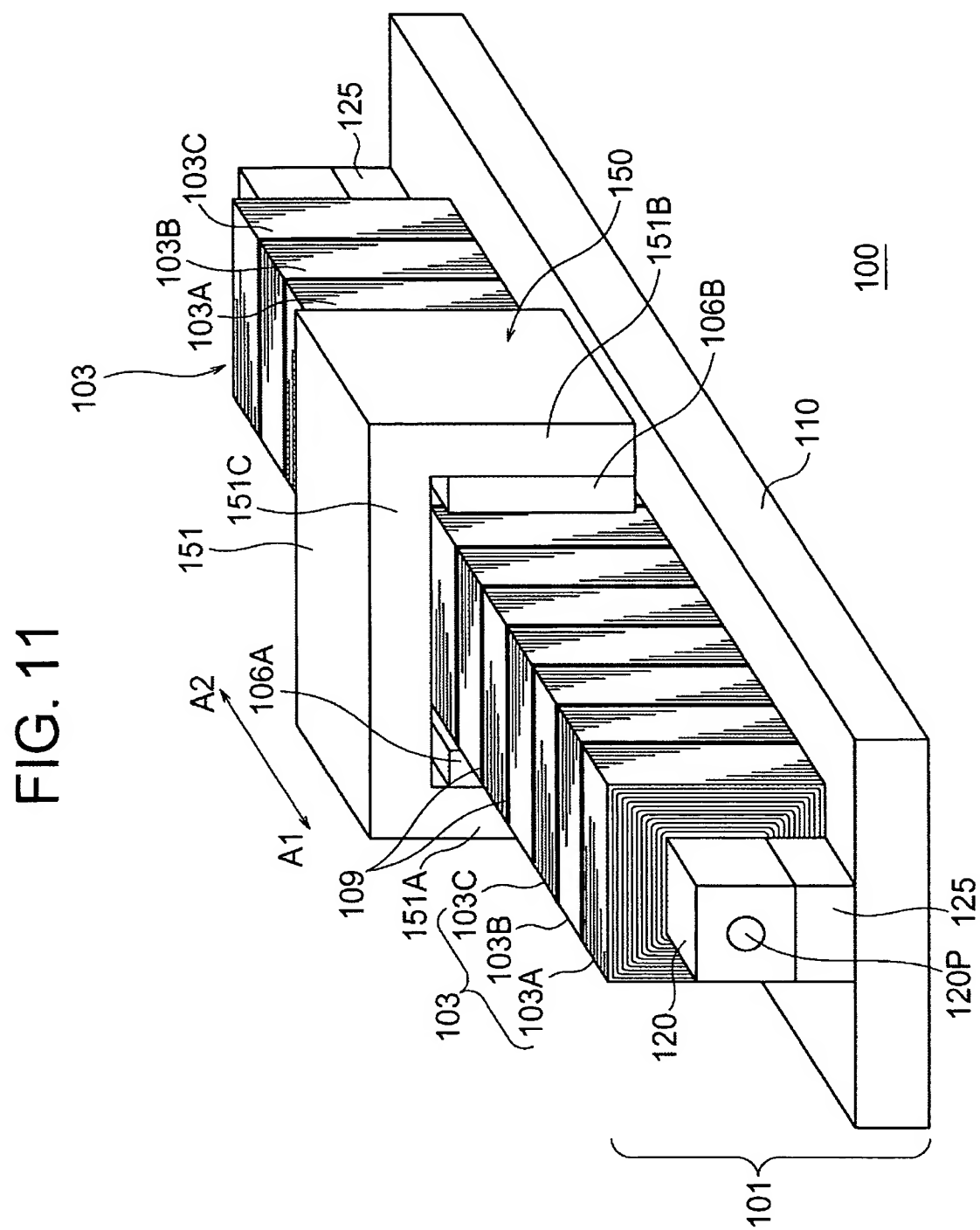


[図10]

FIG. 10

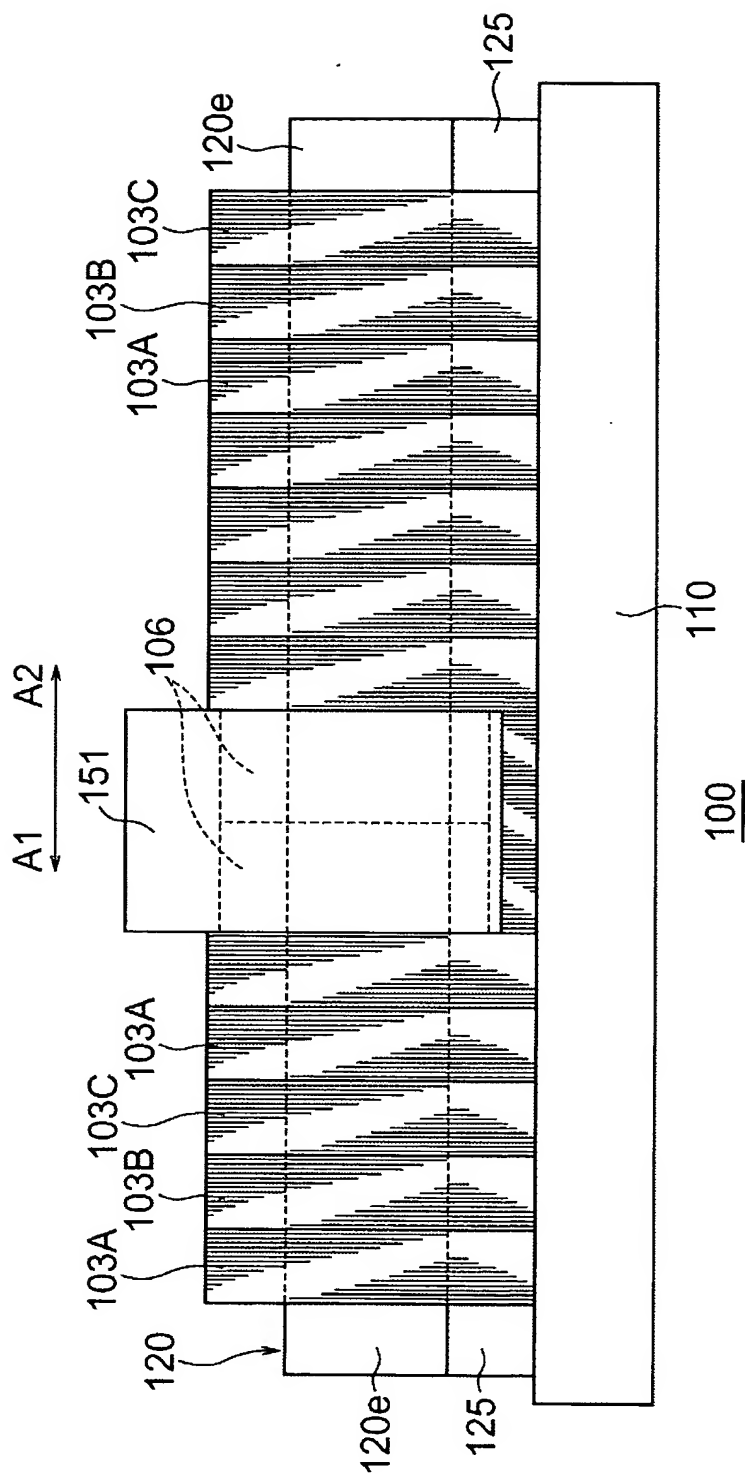


[図11]



[図12]

FIG. 12



[図13]

FIG. 13

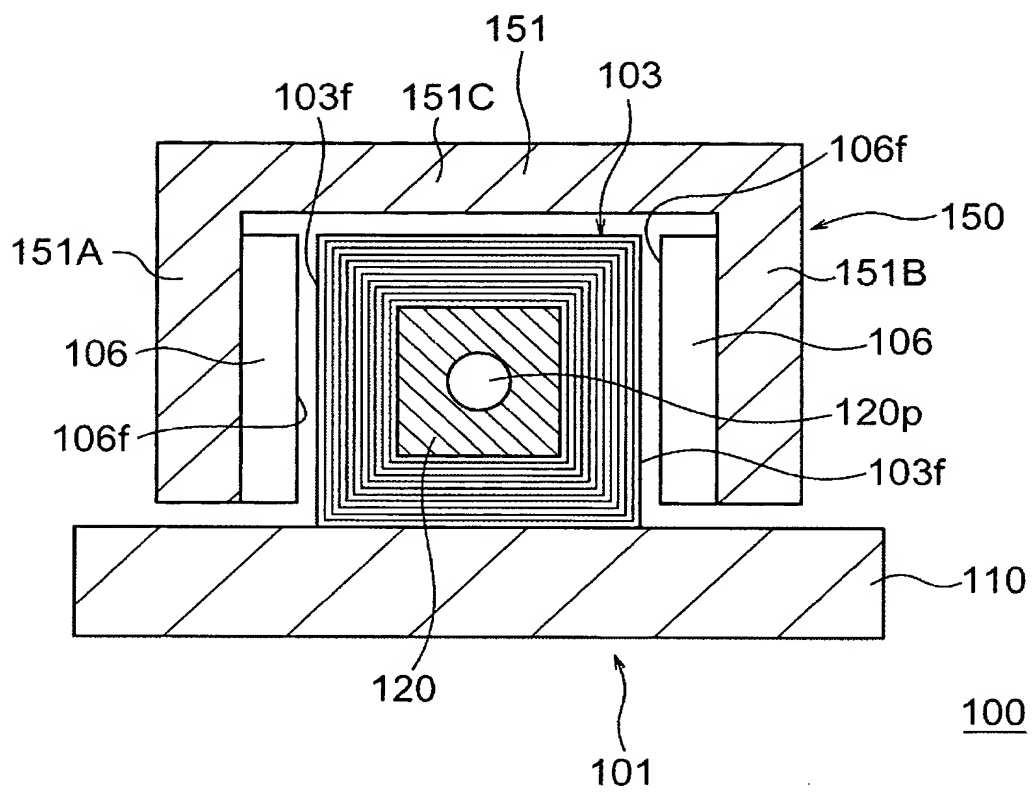
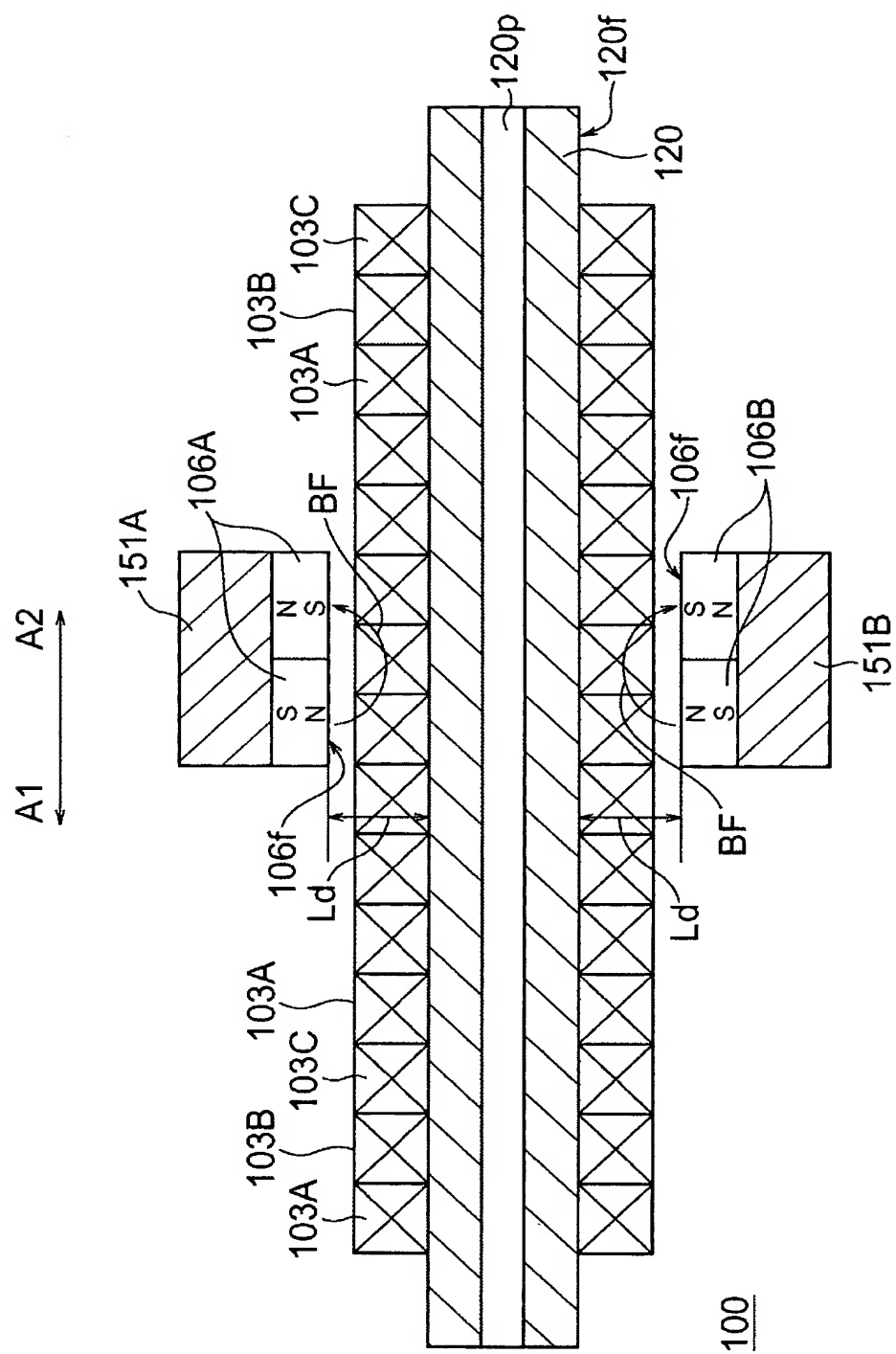
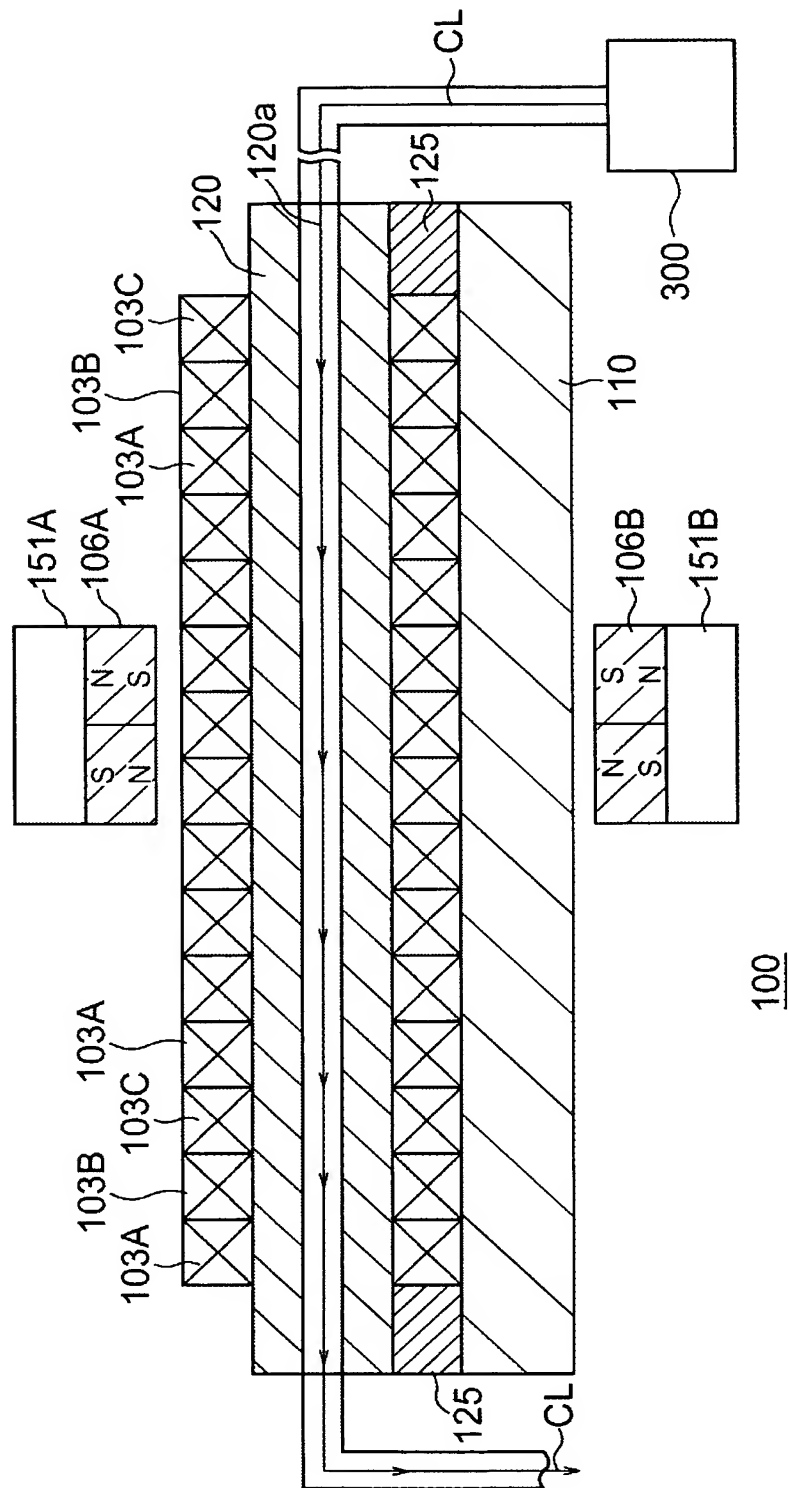


FIG. 14



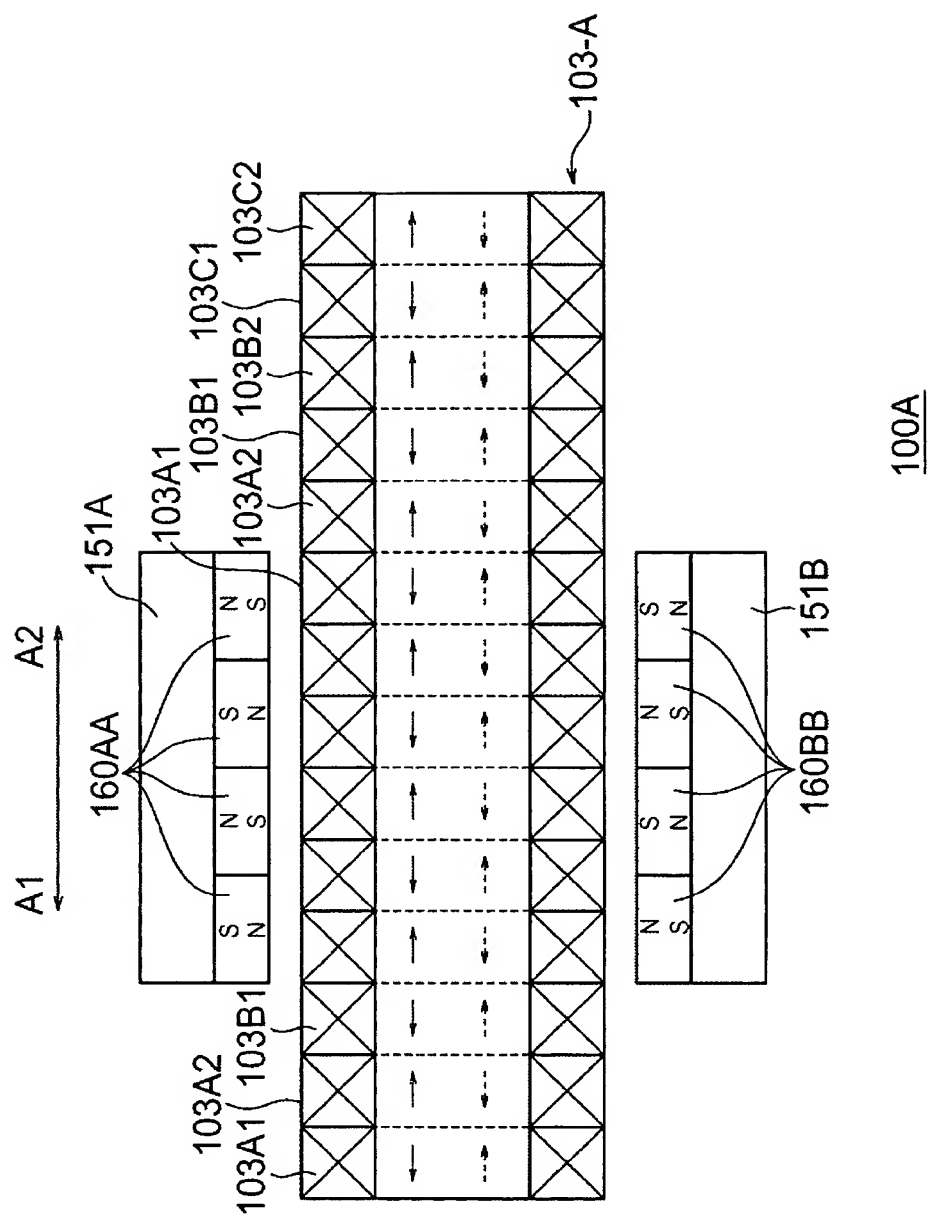
[図15]

FIG. 15



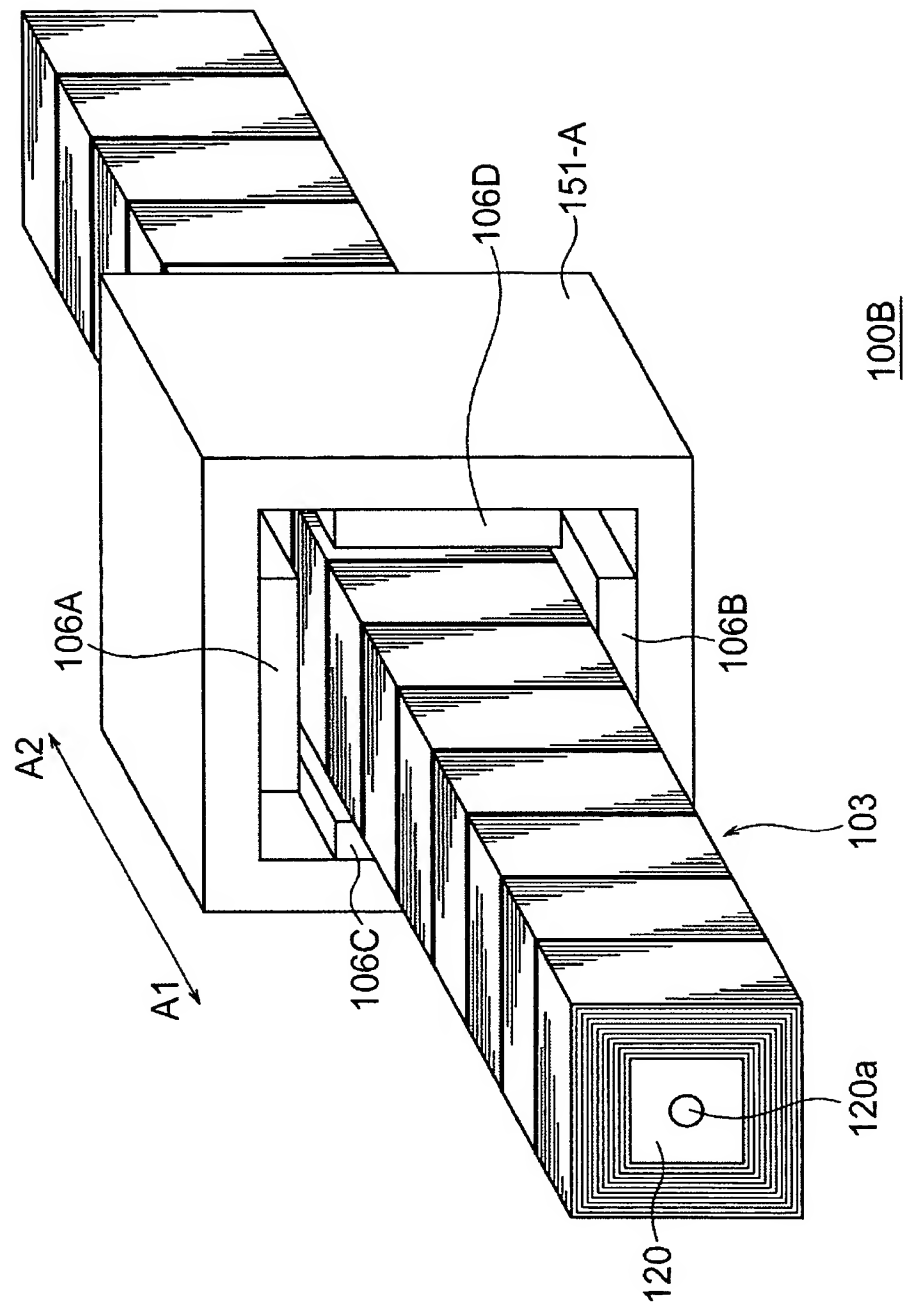
[図16]

FIG. 16



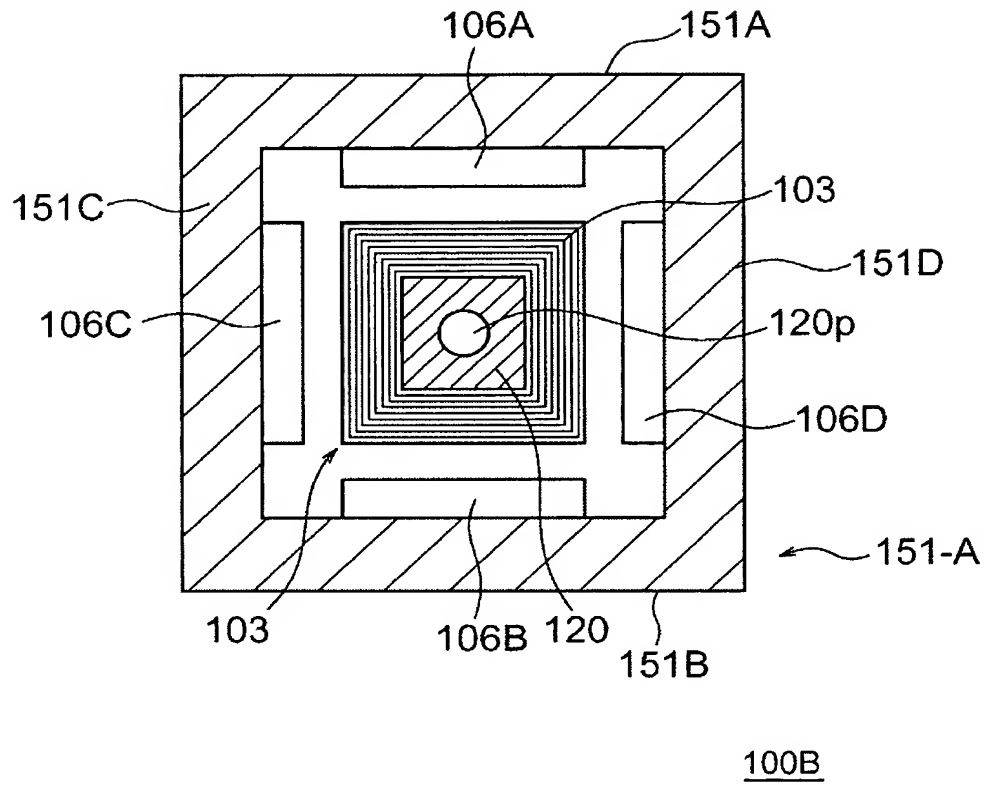
[図17]

FIG. 17

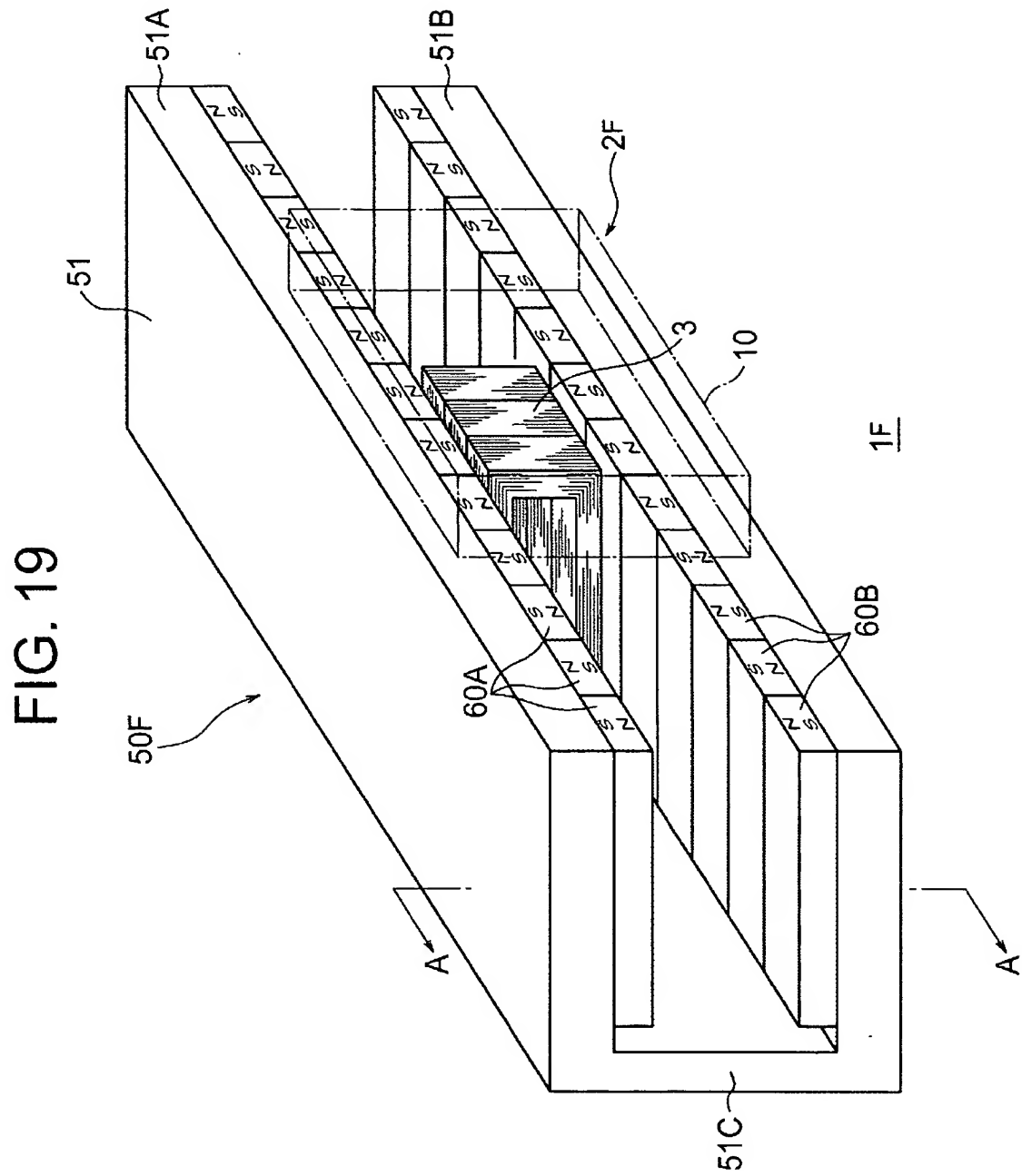


[図18]

FIG. 18

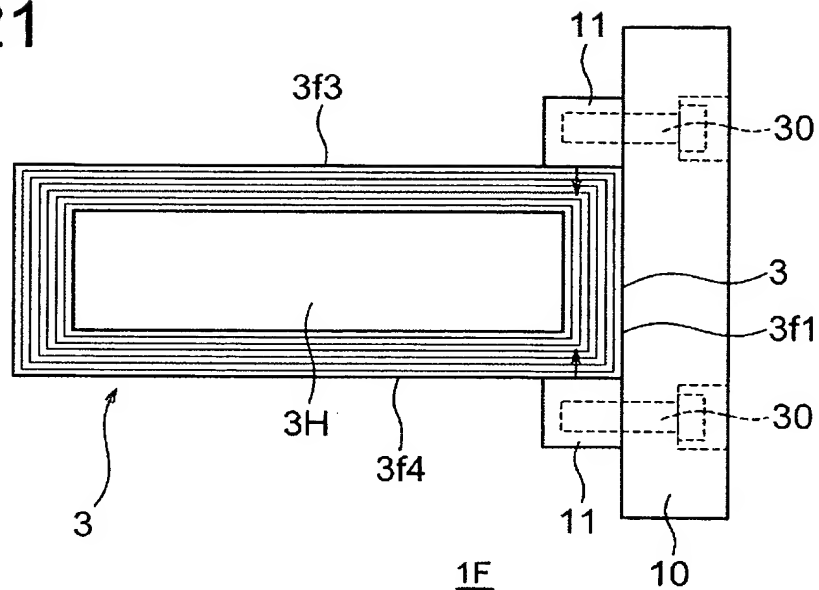


[図19]



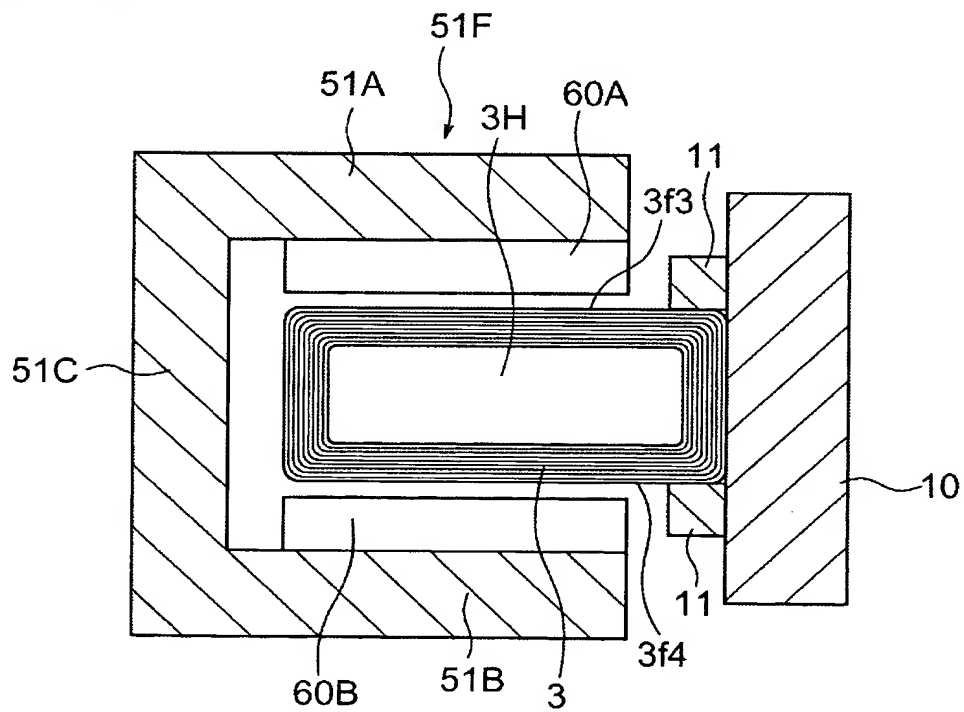
[図21]

FIG. 21



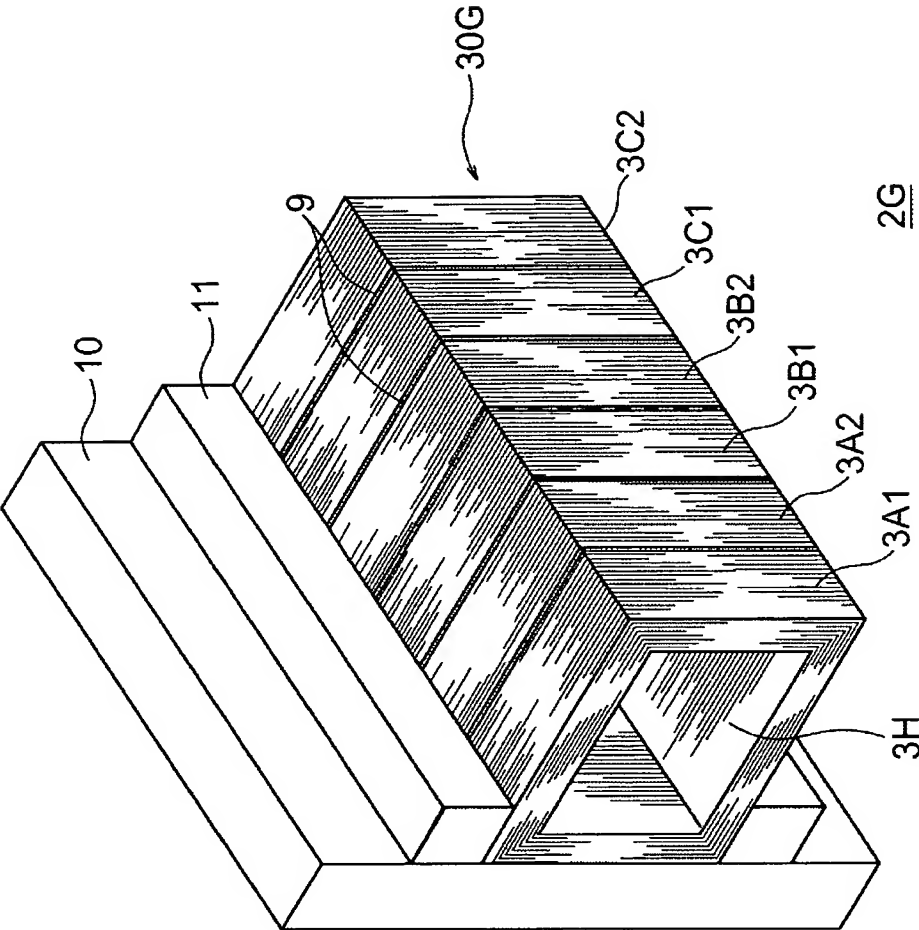
[図22]

FIG. 22



[図24]

FIG. 24



[図25]

FIG. 25

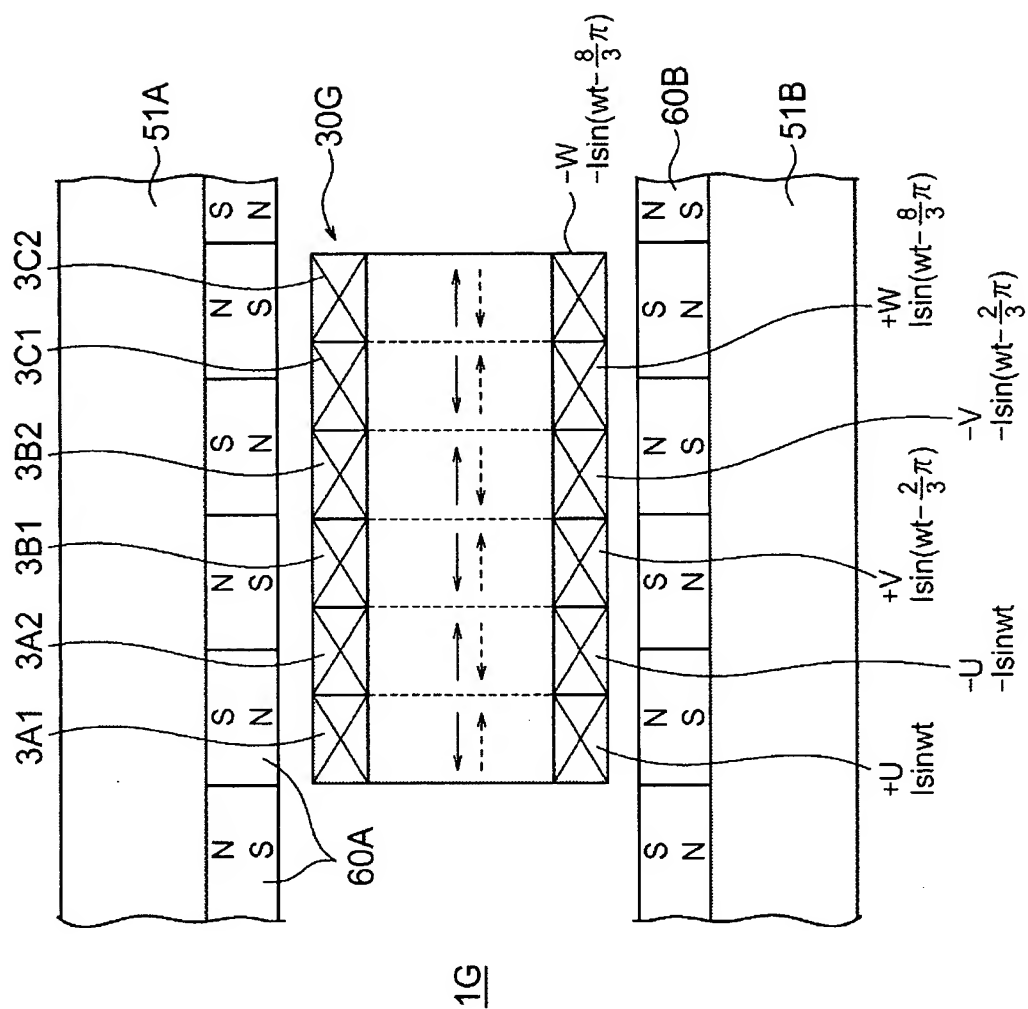
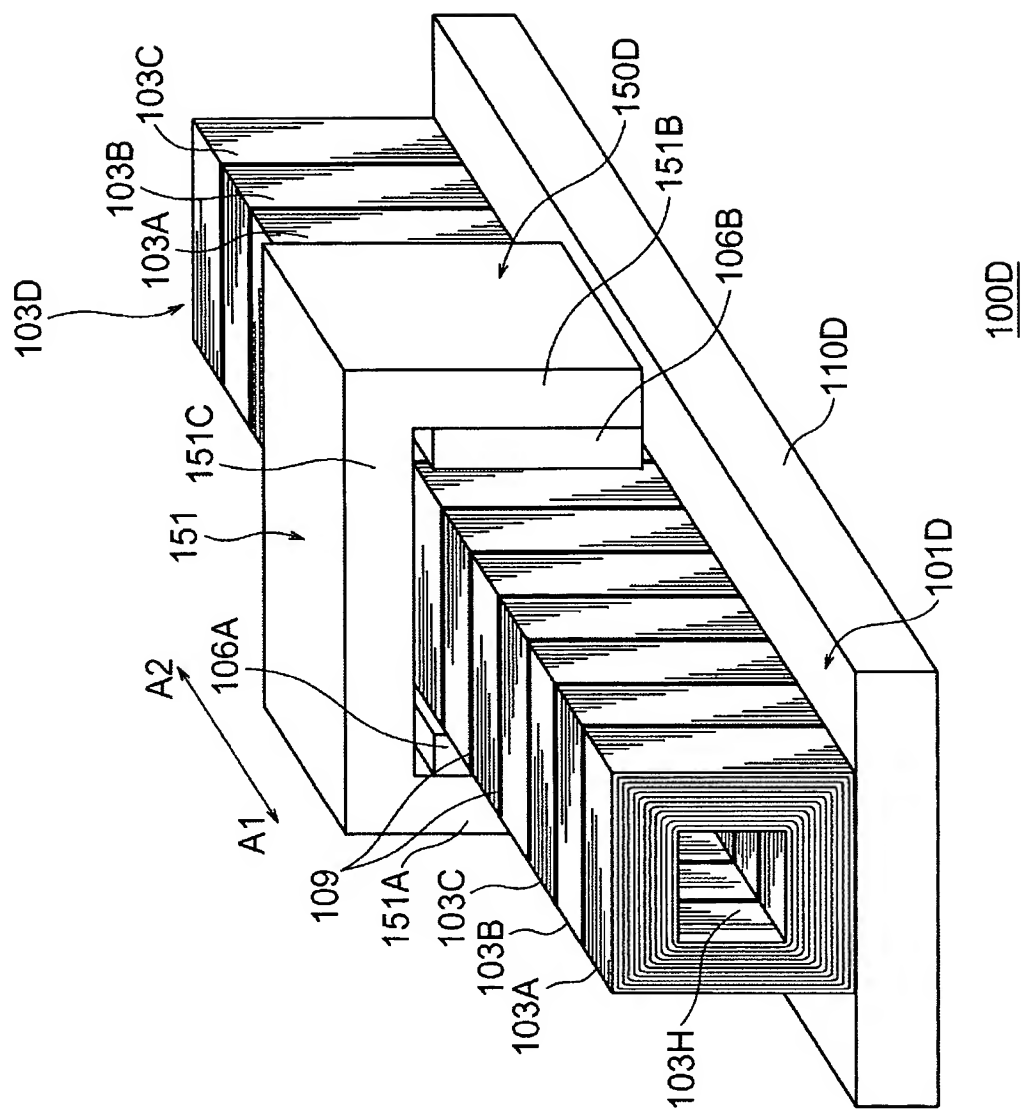


Diagram of a magnetic recording head assembly 1G'. The assembly includes a slider 51A and a slider 51B. The sliders have alternating S and N poles. The gap between the sliders contains three magnetic elements 3A1, 3A2, 3B1, 3B2, 3C1, and 3C2. Arrows indicate magnetic field directions. The gap width is labeled $\frac{2}{3}\pi$.

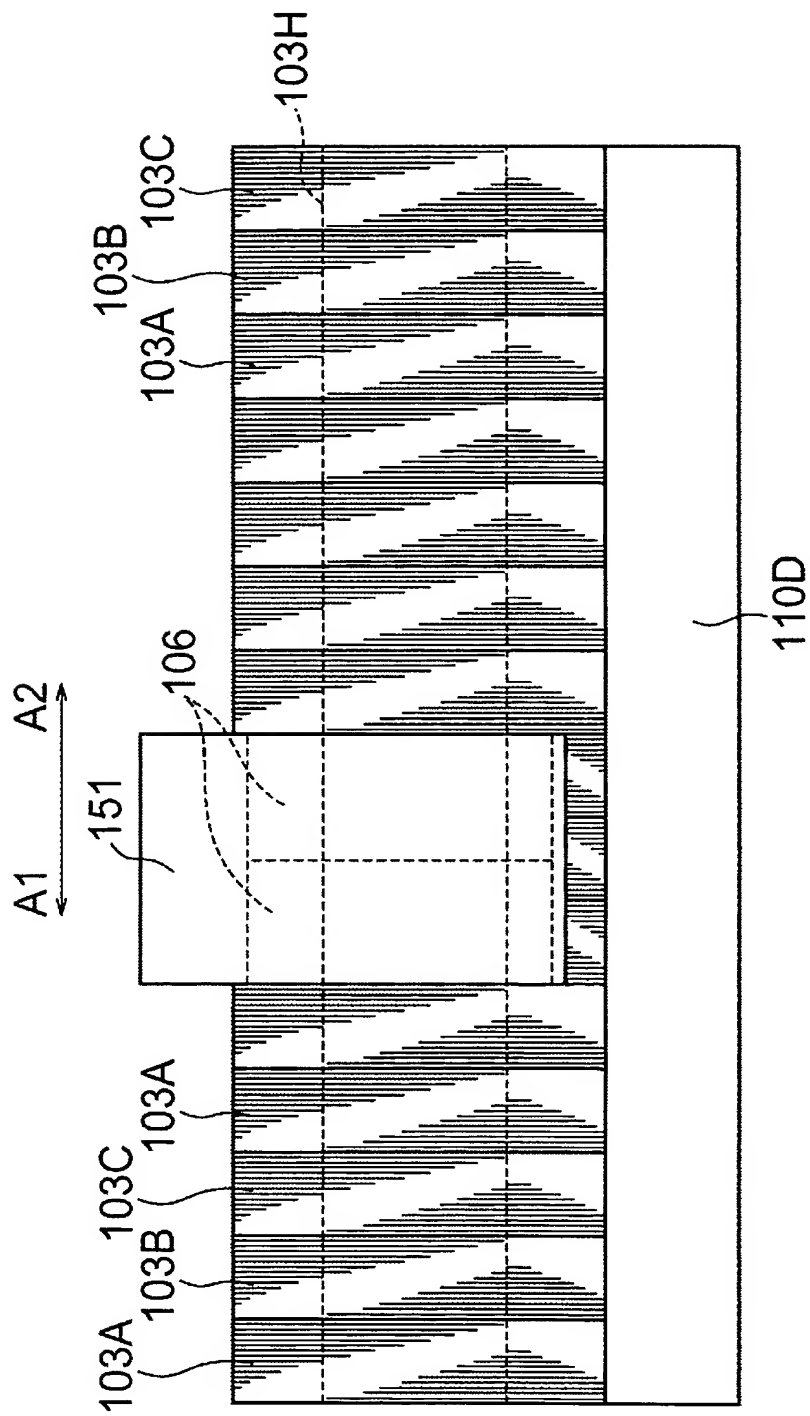
[図28]

FIG. 28



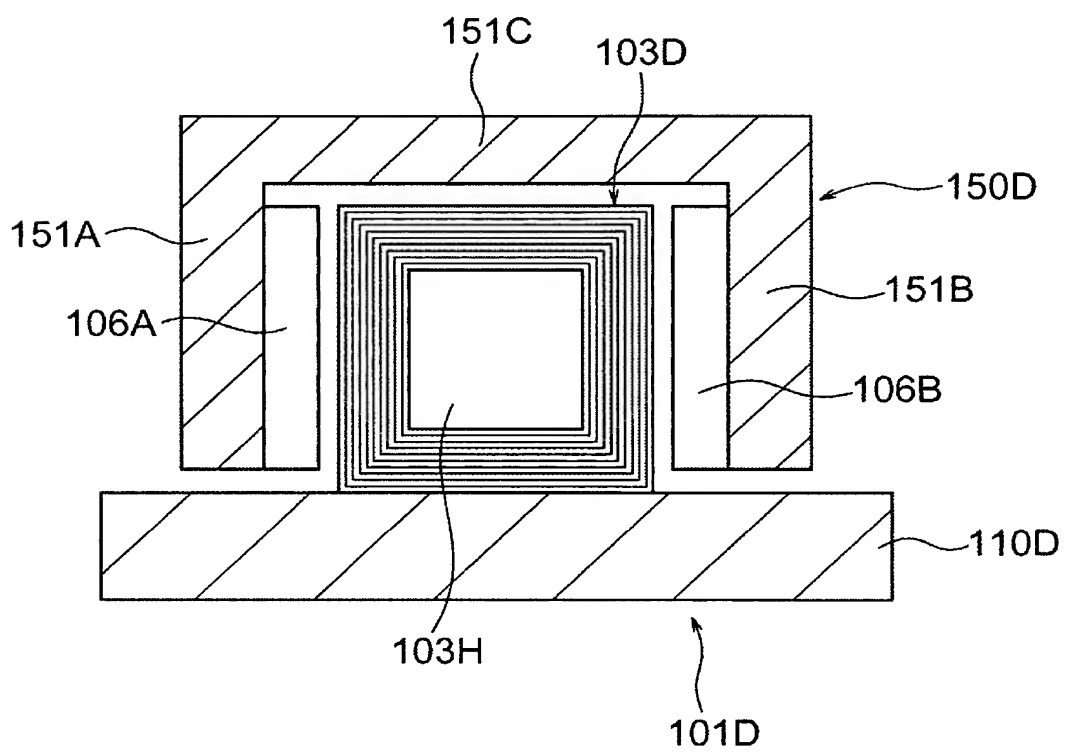
[図29]

FIG. 29



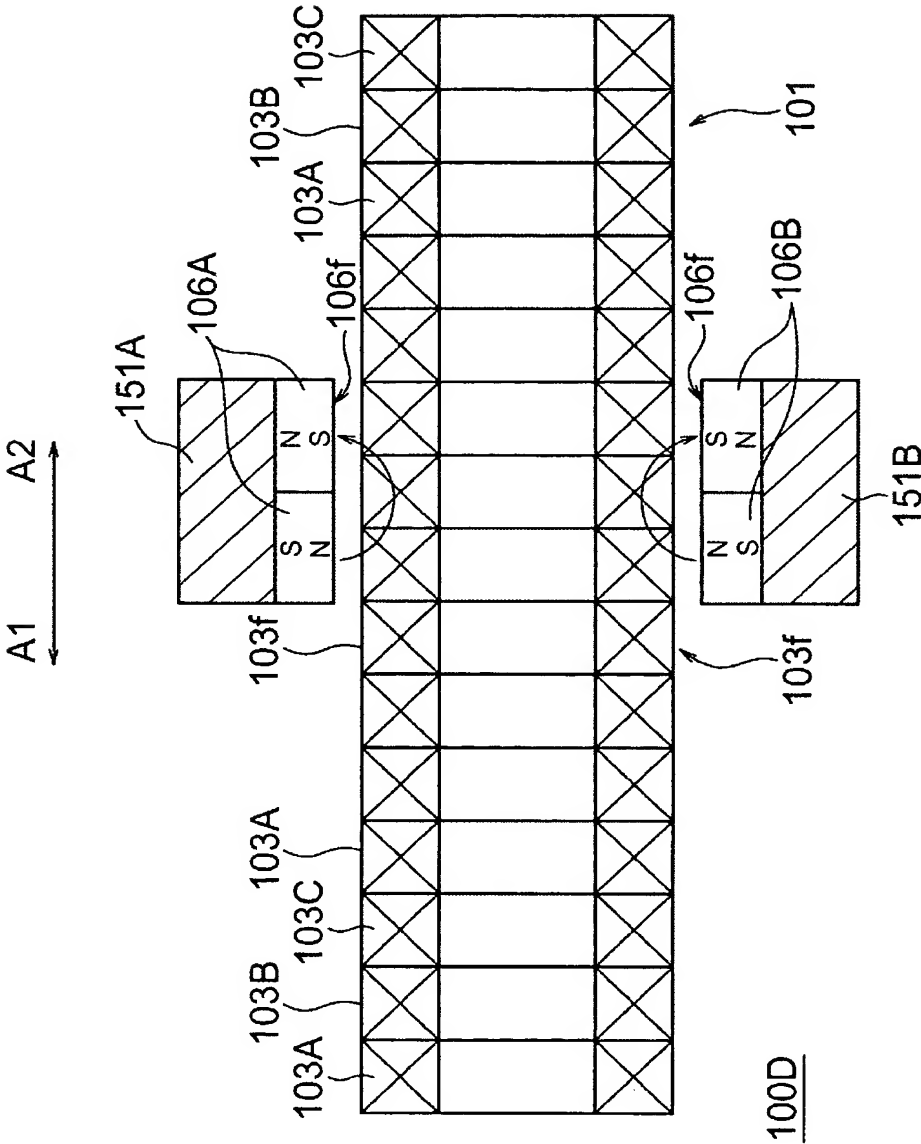
[図30]

FIG. 30



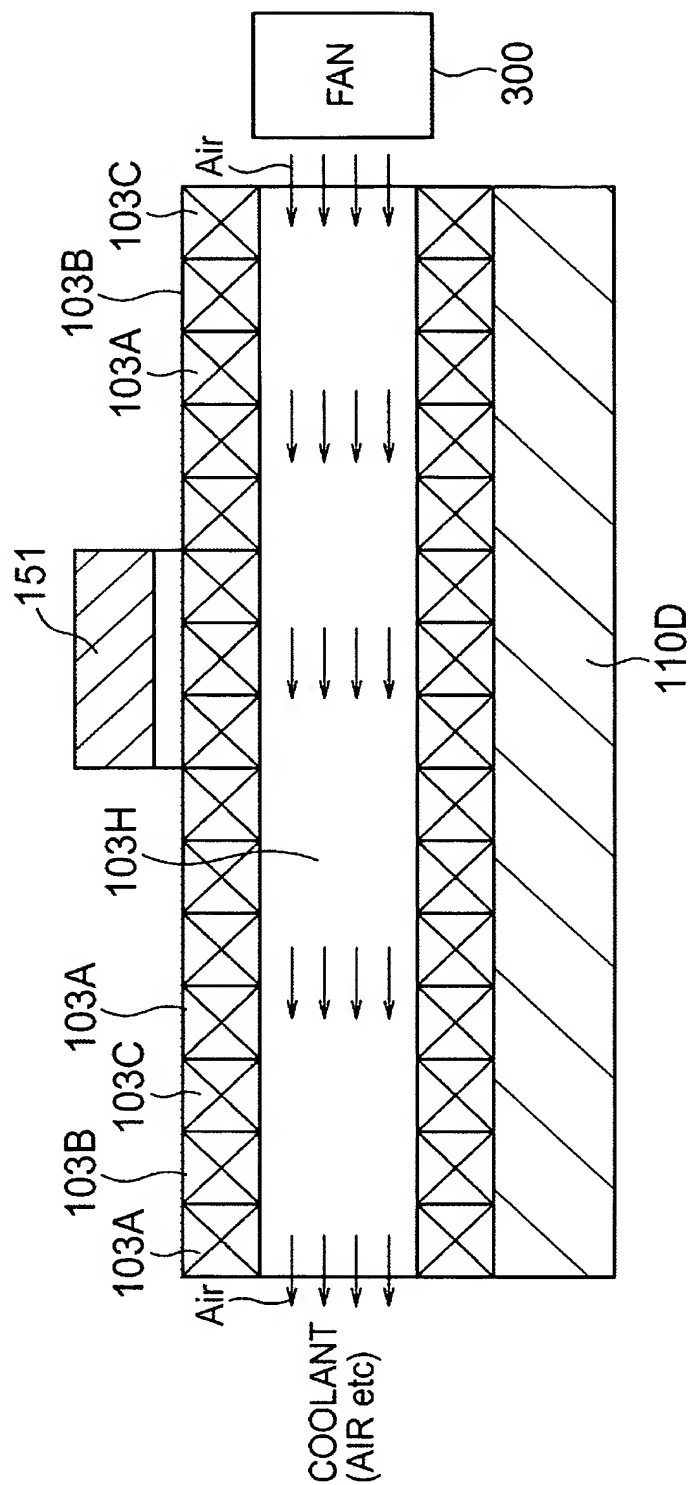
[図31]

FIG. 31



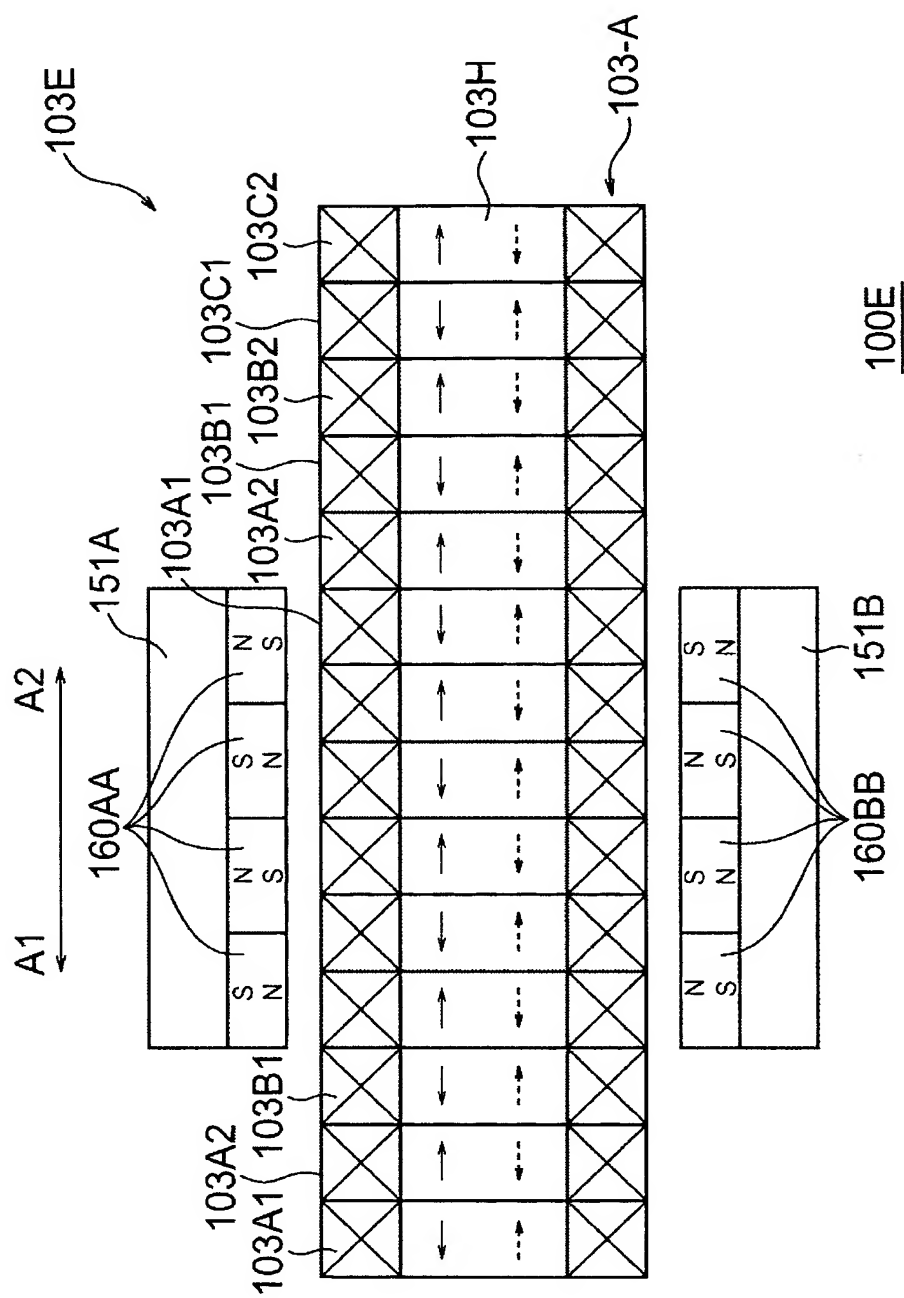
[図32]

FIG. 32



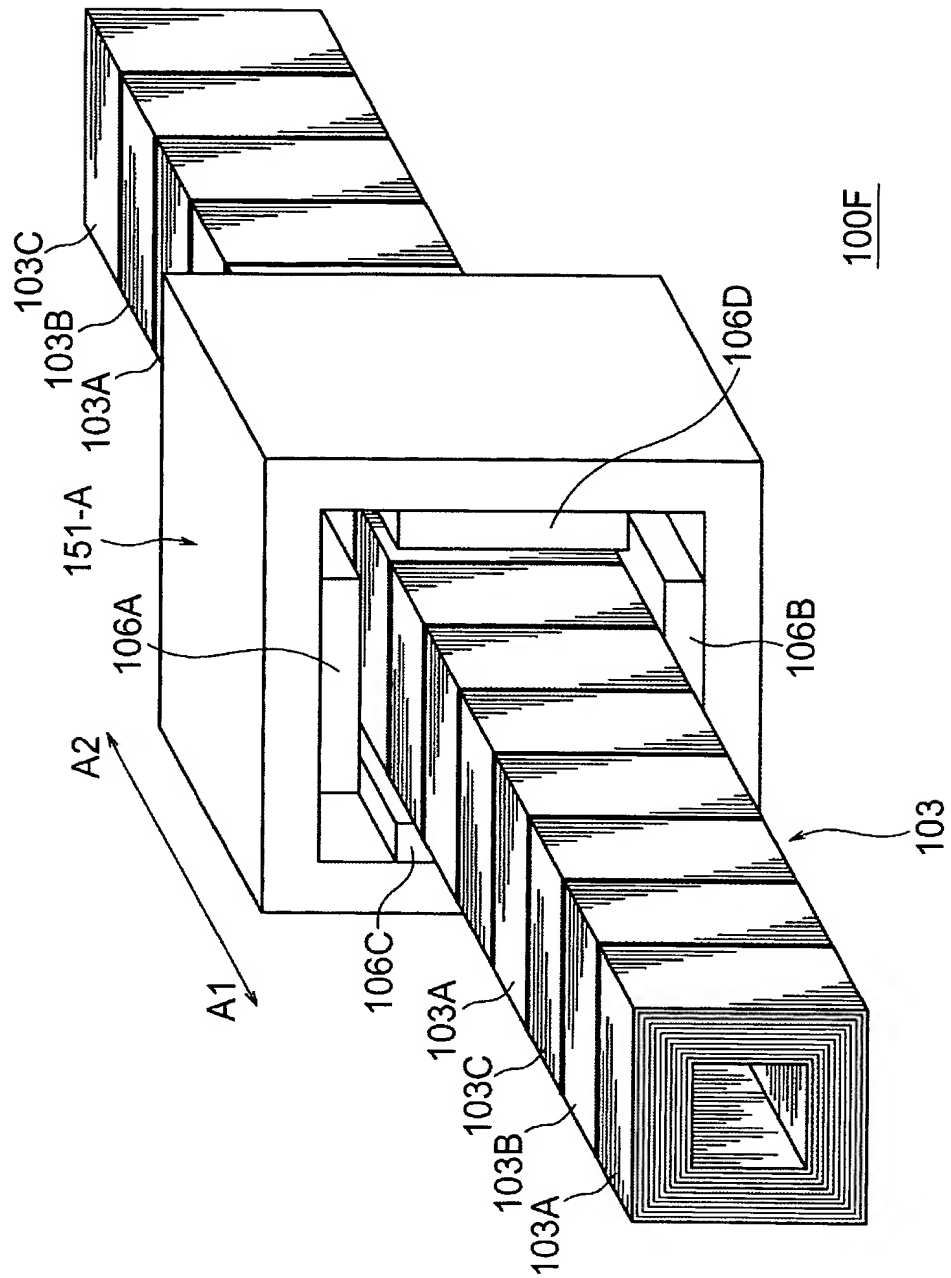
100D

[図33]



[図34]

FIG. 34



[図35]

FIG. 35

